



Tiago Martinho **Monitorização Experimental de Rotas Alternativas**
Gonçalves de Almeida **para Veículos**



Tiago Martinho
Gonçalves de Almeida

**Monitorização Experimental de Rotas Alternativas
para Veículos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Júri

Presidente

Professor Doutor Fernando Neto da Silva

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Orientadora

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

Professora auxiliar convidada do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Arguente

Professora Doutora Ana Maria César Bastos Silva

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra

Agradecimentos

Neste espaço farei gosto em particularizar alguns reconhecimentos a entidades e pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta Dissertação.

Em primeiro lugar, agradecimento à Toyota Salvador Caetano, com particular destaque à Dr^a Manuela Lopes e à Dr^a Mafalda Gomes, tanto pela disponibilização da viatura Toyota Prius como pela colaboração atempada a diversas solicitações efectuadas.

Agradeço sinceramente ao Jorge Bandeira, cuja inestimável colaboração foi determinante para a realização desta Dissertação, especialmente na fase experimental.

Uma palavra de apreço para a Professora Doutora Margarida Coelho, orientadora desta Dissertação, cuja solícita colaboração, exigência e disponibilidade contribuíram decisivamente para este trabalho.

De forma sincera, agradeço a todos os colegas, amigos e demais pessoas que, de forma desinteressada, contribuíram para o meu crescimento enquanto estudante e pessoa.

Finalmente, dedico este trabalho aos meus pais e namorada.

Palavras-chave

Emissões poluentes, Monitorização experimental, Selecção de rotas, Transporte individual, Potência Específica do Veículo.

Resumo

A presente Dissertação foca-se sobre a determinação e análise das emissões poluentes de viaturas ligeiras (com motores diesel e a gasolina) para diferentes trajectos que interliguem localizações específicas nas regiões de Aveiro e Porto. Além das emissões poluentes, são analisados outros factores que possam influir na escolha das rotas em estudo, como tempo de percurso, distância ou custo.

O interesse deste trabalho relaciona-se, por um lado, com as crescentes inquietações ao nível de sustentabilidade ambiental e energética, para as quais a melhoria de desempenho no sector dos transportes é fundamental. Por outro lado, estando cingido a rotas na rede viária dos distritos de Aveiro e Porto, este trabalho aproxima a realidade específica de tráfego destas regiões.

O trabalho compreende uma fase experimental, na qual, por via da utilização de um dispositivo GPS a bordo das viaturas utilizadas (*Toyota Prius* e *Volkswagen Polo*), são recolhidos dados instantâneos como velocidade e coordenadas numa base segundo - a - segundo. Em paralelo, são realizadas filmagens da via, cuja finalidade é a caracterização da mesma em vertentes diversas.

O trabalho de campo é complementado com o respectivo tratamento de dados, sendo, para cada percurso alternativo, criada uma folha de cálculo onde constam os dados recolhidos, os quais são sujeitos a aplicação de metodologia baseada no conceito de Potência Específica do Veículo para obtenção das emissões totais de CO₂, CO, NOx e HC. Tendo por base os dados provenientes da caracterização da via, procura-se também estabelecer um sistema de classificação dos percursos concorrentes.

Das diversas conclusões obtidas, destaque-se que os trajectos estritamente citadinos tendem a provocar maiores emissões por quilómetro, em contraponto aos percursos que recorrem essencialmente a estradas nacionais fora do meio urbano.

Essa diferença situa-se em 28% para viaturas a gasóleo e 40% para viaturas a gasolina. Por outro lado, as vias concorrentes estudadas entre Aveiro e Porto sugerem que as alternativas em estrada nacional à A1 e A29 são demasiado penalizadoras em termos de tempo de percurso, podendo as diferenças chegar a um acréscimo de 104% face às auto - estradas referidas.

Keywords

Pollutant emissions, Experimental monitoring, Route selection, Private vehicle, Vehicle Specific Power.

Abstract

This Thesis focuses on the calculation and analysis of pollutant emissions from light duty vehicles (diesel and gasoline) for different routes connecting specific locations in the region of Aveiro and Porto. Besides pollutant emissions, other factors that may influence route choice (such as distance, cost and travel time) are analyzed.

The interest of this work is related with the increasing concern on the level of environmental sustainability, for which the performance improvement in the transportation sector is essential. Also, since the chosen routes are located in the districts of Aveiro and Porto, this work is focused in the specific traffic reality in these regions.

This work includes an experimental phase, in which, through the use of a GPS device used on-board the vehicles (Toyota Prius and Volkswagen Polo), second-by-second data were collected, such as speed and coordinates. In parallel, routes videotaping was performed, with the purpose to characterize the routes in various aspects, namely in terms of incidents occurrence.

The field work was complemented by data treatment for each alternative route, which were subjected to application of a methodology based on the concept of Vehicle Specific Power to obtain the total emissions of CO₂, CO, NO_x and HC. Based on collected data from the characterization of different routes, this work seeks to establish a classification system of competing pathways.

From the obtained conclusions, it should be highlighted that journeys taking place strictly in urban roads tend to cause higher emissions per kilometer as opposed to routes that rely primarily on highways outside urban areas. This difference stands at 28% for diesel cars and 40% for gasoline vehicles. It is also interesting to note that competing routes analyzed between Aveiro and Porto suggest that alternatives to highways A1 and A29 are too penalizing in terms of travel time. The time difference between highway and national roads may reach 104%.

Índice

| | |
|--|--------|
| Índice de Figuras..... | - 1 - |
| Índice de Quadros | - 4 - |
| Nomenclatura..... | - 6 - |
| 1. Introdução | - 7 - |
| 1.1. Motivação | - 7 - |
| 1.2. Objectivos | - 13 - |
| 1.3. Estrutura da Dissertação | - 14 - |
| 2. Revisão Bibliográfica..... | - 17 - |
| 2.1. Monitorização de Rotas..... | - 17 - |
| 2.2. Selecção de Rotas | - 18 - |
| 2.3. Metodologia VSP e Emissões Poluentes..... | - 20 - |
| 3. Metodologia | - 23 - |
| 3.1. Equipamento GPS <i>MobPharos GPS CM0609</i> | - 25 - |
| 3.2. Viaturas..... | - 26 - |
| 3.3. Caracterização de Trajectos | - 28 - |
| 3.3.1. Critérios de Caracterização dos Trajectos | - 29 - |
| 3.3.2. Circuito Urbano de Aveiro | - 30 - |
| 3.3.3. Circuito Aveiro - Porto | - 33 - |
| 3.4. Transferência e Tratamento de Dados | - 36 - |
| 3.5. Metodologia VSP | - 38 - |
| 3.6. Sistema de Classificação de Percursos | - 47 - |
| 4. Resultados e Discussão..... | - 55 - |
| 4.1. Circuito CUA..... | - 55 - |
| 4.1.1. Trajecto CUA T1 | - 55 - |
| 4.1.2. Trajecto CUA T2 | - 58 - |

| | |
|---|---------|
| 4.1.3. Trajecto CUA T3 | - 60 - |
| 4.1.4. Análise Comparativa CUA | - 63 - |
| 4.1.5. Avaliação com Condutor ou Viatura Alternativos (CUA) | - 71 - |
| 4.1.6. Classificações CUA | - 75 - |
| 4.2. Circuito CAP | - 77 - |
| 4.2.1. Trajecto CAP T1 | - 77 - |
| 4.2.2. Trajecto CAP T2 | - 79 - |
| 4.2.3. Trajecto CAP T3 | - 80 - |
| 4.2.4. Trajecto CAP T4 | - 82 - |
| 4.2.5. Análise Comparativa CAP | - 84 - |
| 4.2.6. Avaliação com Condutor ou Viatura Alternativos (CAP)..... | - 93 - |
| 4.2.7. Classificação CAP | - 96 - |
| 5. Conclusões e Trabalho Futuro | - 99 - |
| 6. Referências Bibliográficas..... | - 103 - |
| Anexos | |
| Anexo I - Caracterização Trajecto CUA T1 | |
| Anexo II - Caracterização Trajecto CUA T2 | |
| Anexo III - Caracterização Trajecto CUA T3 | |
| Anexo IV - Caracterização Trajecto CAP T1 | |
| Anexo V - Caracterização Trajecto CAP T2 | |
| Anexo VI - Caracterização Trajecto CAP T3 | |
| Anexo VII - Caracterização Trajecto CAP T4 | |
| Anexo VIII - Extrapolação para Modos VSP Diesel (<i>Skoda Octavia TDI 1.9L</i>) | |
| Anexo IX - Resumo de Emissões para Trajectos CUA (Fase 1) | |
| Anexo X - Resumo de Emissões para Trajectos CUA (Fase 2) | |
| Anexo XI - Resumo de Emissões para Trajectos CUA (Fase 3) | |
| Anexo XII - Resumo de Emissões para Trajectos CAP (Fase 1) | |
| Anexo XIII - Resumo de Emissões para Trajectos CAP (Fase 2) | |
| Anexo XIV - Resumo de Emissões para Trajectos CAP (Fase 3) | |

Anexo XV - Dados Comparativos Factores Condutor e Viatura.....

Anexo XVI - Dados para Classificação Relativa de Percursos CUA.....

Anexo XVII - Dados para Classificação Relativa de Percursos CAP

Índice de Figuras

| | |
|--|--------|
| Figura 1: Repartição das emissões de GEE na Europa a 27 em 2007 (EEA, 2010)..... | - 7 - |
| Figura 2: Estrutura da Dissertação. | - 14 - |
| Figura 3: Metodologia da Dissertação..... | - 24 - |
| Figura 4: GPS <i>MobPharos CM0609</i> | - 25 - |
| Figura 5: <i>Toyota Prius</i> | - 27 - |
| Figura 6: <i>Volkswagen Polo</i> | - 28 - |
| Figura 7: Montagem de tripé e máquina para filmagem de trajectos. | - 29 - |
| Figura 8: Rotunda da Universidade de Aveiro..... | - 31 - |
| Figura 9: Rotunda da Taboeira. | - 31 - |
| Figura 10: Ilustração dos conjuntos de trajectos em circuito urbano de Aveiro (Google Inc., 2010). | - 32 - |
| Figura 11: Rotunda do Amial..... | - 34 - |
| Figura 12: Ilustração dos conjuntos de trajectos entre Aveiro e Porto (Google Inc., 2010). | - 36 - |
| Figura 13: Relação entre valores VSP e emissões CO ₂ (NCSU, 2002). | - 38 - |
| Figura 14: Relação entre valores VSP e emissões HC (NCSU, 2002)..... | - 39 - |
| Figura 15: Relação entre valores VSP e emissões NO _x (NCSU, 2002)..... | - 39 - |
| Figura 16: Relação entre valores VSP e emissões CO (NCSU, 2002). | - 39 - |
| Figura 17: Taxas de emissão média modal para CO ₂ em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002). | - 42 - |
| Figura 18: Taxas de emissão média modal para HC em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002)..... | - 42 - |
| Figura 19: Taxas de emissão média modal para NO _x em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002). | - 43 - |
| Figura 20: Taxas de emissão média modal para CO em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002)..... | - 43 - |
| Figura 21: Taxas de emissão média modal para CO ₂ para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho <i>et al.</i> 2009). | - 44 - |
| Figura 22: Taxas de emissão média modal para HC para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho <i>et al.</i> 2009)..... | - 45 - |
| Figura 23: Taxas de emissão média modal para NO _x para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho <i>et al.</i> 2009)..... | - 45 - |
| Figura 24: Taxas de emissão média modal para CO para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho <i>et al.</i> 2009). | - 46 - |
| Figura 25: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CUA T1 (Taboeira - UA)..... | - 55 - |
| Figura 26: Sinalização luminosa junto ao estabelecimento prisional de Aveiro. | - 56 - |
| Figura 27: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CUA T1 (UA - Taboeira)..... | - 57 - |
| Figura 28: Perfil típico de emissões acumuladas de CO ₂ CUA T1 (UA - Taboeira)..... | - 57 - |
| Figura 29: Ocorrência de tráfego de TC e TI junto da Rotunda da Universidade..... | - 58 - |

| | |
|--|--------|
| Figura 30: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CUA T2 (Taboeira - UA)..... | - 59 - |
| Figura 31: Exemplificação de pontos críticos no trajecto CUA T2. | - 59 - |
| Figura 32: Entroncamento de acesso à N109 (CUA T2)..... | - 60 - |
| Figura 33: Sinalização luminosa na Avenida da Universidade (CUA T2). | - 60 - |
| Figura 34: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CUA T3 (UA - Taboeira)..... | - 61 - |
| Figura 35: Perfil típico de acelerações e emissões CO ₂ CUA T3 (UA - Taboeira). | - 61 - |
| Figura 36: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CUA T3 (Taboeira - UA)..... | - 62 - |
| Figura 37: Paragem devido a sinalização luminosa na Av. Lourenço Peixinho. | - 62 - |
| Figura 38: Emissões Médias Totais de CO ₂ para o circuito CUA..... | - 63 - |
| Figura 39: Emissões Médias Totais de CO para o circuito CUA. | - 64 - |
| Figura 40: Emissões Médias Totais de NOx para o circuito CUA. | - 64 - |
| Figura 41: Emissões Médias Totais de HC para o circuito CUA. | - 65 - |
| Figura 42: Emissões Médias por Quilómetro de CO ₂ para o circuito CUA. | - 66 - |
| Figura 43: Emissões Médias por Quilómetro de CO para o circuito CUA..... | - 67 - |
| Figura 44: Emissões Médias por Quilómetro de NOx para o circuito CUA..... | - 67 - |
| Figura 45: Emissões Médias por Quilómetro de HC para o circuito CUA..... | - 68 - |
| Figura 46: Evolução de fenómenos de intersecção e emissões por quilómetro de CO ₂ (CUA)..... | - 69 - |
| Figura 47: Evolução dos tempos de percurso CUA ao longo de diversos períodos do dia..... | - 70 - |
| Figura 48: Ocorrência relativa de modos VSP em CUA (Fases 1 e 2) | - 73 - |
| Figura 49: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CAP T1 (UA - Amial). | - 77 - |
| Figura 50: Perfil típico de aceleração e emissões CO ₂ CAP T1 (UA - Amial). | - 78 - |
| Figura 51: Subida VCI junto ao Estádio do Dragão. | - 79 - |
| Figura 52: Perfil típico de aceleração e emissões CO ₂ CAP T2 (UA - Amial). | - 79 - |
| Figura 53: Tráfego na transição da A1 para A44. | - 80 - |
| Figura 54: Tráfego na transição da A44 para a A29. | - 80 - |
| Figura 55: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CAP T3 (UA - Amial). | - 81 - |
| Figura 56: Cruzamento de via por tráfego pesado na N1-IC2. | - 81 - |
| Figura 57: Distribuição acumulativa de emissões de CO ₂ em CAP T3 (UA - Amial). | - 82 - |
| Figura 58: Perfil típico de velocidade e emissões CO ₂ CAP T4 (UA - Amial). | - 83 - |
| Figura 59: Travessia de linha ferroviária. | - 83 - |
| Figura 60: Distribuição acumulativa de emissões de CO ₂ em CAP T4 (Amial - UA). | - 84 - |
| Figura 61: Desnível em Gaia interligando zona costeira e Arrábida. | - 84 - |
| Figura 62: Emissões Médias Totais de CO ₂ para o circuito CAP. | - 85 - |
| Figura 63: Emissões Médias Totais de CO para o circuito CAP..... | - 85 - |
| Figura 64: Emissões Médias Totais de NOx para o circuito CAP. | - 86 - |
| Figura 65: Emissões Médias Totais de HC para o circuito CAP..... | - 86 - |

| | |
|---|--------|
| Figura 66: Emissões Médias por Quilómetro de CO ₂ para o circuito CAP. | - 87 - |
| Figura 67: Emissões Médias por Quilómetro de CO para o circuito CAP. | - 88 - |
| Figura 68: Emissões Médias por Quilómetro de NO _x para o circuito CAP. | - 88 - |
| Figura 69: Emissões Médias por Quilómetro de HC para o circuito CAP. | - 89 - |
| Figura 70: Evolução de fenómenos de intersecção e emissões por quilómetro de CO ₂ (CAP). | - 90 - |
| Figura 71: Evolução dos tempos de percurso CAP ao longo de diversos períodos do dia. | - 91 - |
| Figura 72: Ocorrência relativa de modos VSP em CAP (Fases 1 e 3) | - 96 - |

Índice de Quadros

| | |
|---|--------|
| Quadro 1: Duração média (minutos) viagens casa - trabalho, segundo modo de transporte e concelho de residência na AMP (INE, 2000). | - 8 - |
| Quadro 2: Percentagem de viagens realizadas na AML, por meio de transporte e duração média (Oliveira e Rodrigues, 2001)..... | - 9 - |
| Quadro 3: Indicadores relativos às viagens realizadas na AML (1993 - 2003) (Coelho <i>et al.</i> , 2006)..... | - 10 - |
| Quadro 4: Densidade de população, consumo de energia e custo de transporte (EEA, 2009). | - 11 - |
| Quadro 5: Veículos de passageiros e taxa de motorização em Portugal 1998 - 2008 (IMTT, 2008a)..... | - 12 - |
| Quadro 6: Número de passageiros transportados por modo 1998 - 2008 (IMTT, 2008b). | - 12 - |
| Quadro 7: Calendarização proposta para realização de Dissertação..... | - 23 - |
| Quadro 8: Descrição do número de monitorizações experimentais efectuadas. | - 25 - |
| Quadro 9: Caracterização das motorizações do <i>Toyota Prius</i> (Toyota Motor Marketing Europe, 2010). .. | - 27 - |
| Quadro 10: Caracterização da motorização <i>Volkswagen Polo</i> (Volkswagen, 2010). | - 28 - |
| Quadro 11: Classificações quanto à densidade de peões. | - 30 - |
| Quadro 12: Modos VSP (NCSU, 2002) | - 41 - |
| Quadro 13: Equações para extrapolação emissão de poluentes via VSP para veículos a gasóleo. | - 46 - |
| Quadro 14: Relação entre classificações quantitativa e qualitativa para os percursos. | - 48 - |
| Quadro 15: Classificações para o pavimento do troços dos percursos..... | - 52 - |
| Quadro 16: Comparação percentual emissões totais dos circuitos CUA (base: CUA T1 = 0). | - 66 - |
| Quadro 17: Comparação percentual emissões por quilómetro dos circuitos CUA. | - 68 - |
| Quadro 18: Durações médias dos percursos CUA (segundos). | - 70 - |
| Quadro 19: Variabilidades de duração de percursos CUA (segundos)..... | - 71 - |
| Quadro 20: Variabilidades das velocidades médias nos percursos CUA (km/h). | - 71 - |
| Quadro 21: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 2 e Fase 1 (CUA). | - 72 - |
| Quadro 22: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 3 e Fase 1 (CUA). | - 74 - |
| Quadro 23: Resultados da comparação entre os diferentes trajectos no circuito CUA..... | - 75 - |
| Quadro 24: Comparação percentual emissões totais dos circuitos CAP (base: CAP T3 = 0). | - 87 - |
| Quadro 25: Comparação percentual emissões por quilómetro dos circuitos CAP (base: CAP T4 = 0). | - 89 - |
| Quadro 26: Durações médias dos percursos CAP (segundos). | - 91 - |
| Quadro 27: Comparação relativa de duração trajecto CAP T2 face às alternativas. | - 92 - |
| Quadro 28: Variabilidades de duração de percursos CAP (segundos). | - 93 - |
| Quadro 29: Variabilidades das velocidades médias nos percursos CAP (km/h). | - 93 - |
| Quadro 30: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 2 e Fase 1 (CAP). | - 94 - |
| Quadro 31: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 3 e Fase 1 (CAP). | - 95 - |

Quadro 32: Resultados da comparação entre os diferentes trajectos no circuito CAP. - 97 -

Nomenclatura

AML - Área Metropolitana de Lisboa

AMP - Área Metropolitana do Porto

CAP - Circuito Aveiro - Porto

CO - Monóxido de Carbono

CO₂ - Dióxido de Carbono

CUA - Circuito Urbano de Aveiro

GEE - Gases de Efeito de Estufa

GPS - *Global Positioning System* (Sistema Global de Posicionamento)

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas)

MCI - Motor de Combustão Interna

ME - Motor Eléctrico

NO_x - Óxidos de Azoto

PDA - *Personal Digital Assistant* (Assistente Digital Pessoal)

PEMS - *Portable Emissions Measurement System* (Sistema Portátil de Medição de Emissões)

PM - Partículas

SCUT - Sem Custo para o Utilizador

TI - Transporte Individual

TC - Transporte Colectivo

UA - Universidade de Aveiro

VCI - Via de Cintura Interna

VSP - *Vehicle Specific Power* (Potência Específica do Veículo)

1. Introdução

1.1. Motivação

A realidade energético - ambiental a nível mundial tem vindo a alterar-se de forma evidente, tanto ao nível das necessidades energéticas dos diversos países como no que se refere aos efeitos das emissões de GEE (Gases de Efeito de Estufa).

Actualmente, pode-se afirmar com razoável certeza que as emissões de GEE são uma das razões mais imediatas para o fenómeno das alterações climáticas, pois estão na origem de uma maior retenção de radiação infravermelha emitida pela Terra do que se verificaria estritamente devido aos mecanismos naturais. A retenção excessiva deste género de radiação tem efeitos notórios sobre a temperatura média do planeta e manifestos efeitos sobre os seus principais elementos. A elevação da temperatura encontra-se, aparentemente, na origem, entre outros, de fenómenos de degelo polar, incremento de ocorrências climáticas severas, modificação das permutas de massa e calor entre os oceanos e a atmosfera, além de proliferação de doenças e eventual escassez de água potável. O fenómeno das emissões de GEE tem origens muito diversas, e apresenta um enfoque muito razoável no transporte rodoviário, o qual, no âmbito europeu, representava 17% das emissões em 2007 (**Figura 1**). Nesta perspectiva fica justificada a necessidade, cada vez mais premente, de desenvolver estudos, tecnologias e comportamentos de modo a limitar as emissões no sector específico dos transportes.

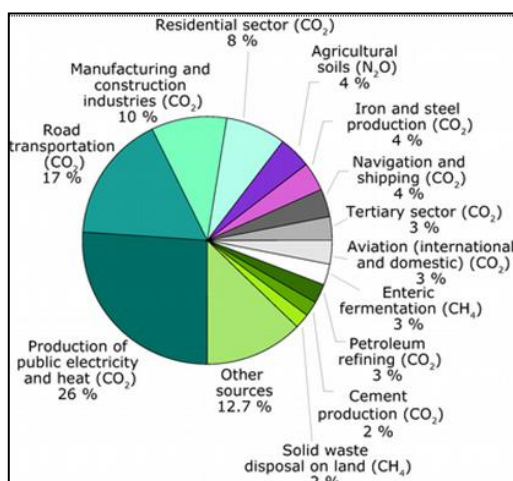


Figura 1: Repartição das emissões de GEE na Europa a 27 em 2007 (EEA, 2010).

Além dos aspectos energéticos e ambientais, os quais se manifestam não só internacionalmente como também internamente, a análise da evolução de aspectos relacionados com a mobilidade e as viagens típicas em Portugal motivam também esta Dissertação. Ao nível da evolução da mobilidade e da utilização

do automóvel para efeitos de deslocações pendulares, é ainda saliente a necessidade de estudos mais alargados em Portugal tanto em termos quantitativos como qualitativos. Na falta de informação mais vasta e aprofundada quanto à caracterização das viagens típicas em Portugal, torna-se complicado traçar um perfil típico para as diversas zonas do país. Em todo o caso, sobre Lisboa e Porto, ao longo das últimas duas décadas tem sido congregada alguma informação interessante, à qual se faz menção dos parágrafos subsequentes.

De acordo com INE (2000), os residentes na AMP (Área Metropolitana do Porto), em percursos decorridos entre casa e local de trabalho, demoram, em média, 26 minutos, sendo Gaia, Matosinhos e Maia, os destinos preferenciais. Entre estas deslocações, deve ser destacado que mais de metade se efectua utilizando como meio de transporte o automóvel (54%). De notar que o destino final deste tipo de viagens faz variar de forma notória a sua duração. Deste modo, as viagens efectuadas para fora da AMP, registam durações médias a rondar os 50 minutos, sendo a Trofa, Santa Maria da Feira e Paredes os destinos preferidos. Curiosamente, o mesmo estudo realça que, nos percursos casa - trabalho, as menores durações médias são obtidas utilizando meio de transporte a pé ou de bicicleta/motociclo. O **Quadro 1** disponibiliza informação complementar sobre viagens pendulares na AMP.

Quadro 1: Duração média (minutos) viagens casa - trabalho, segundo modo de transporte e concelho de residência na AMP (INE, 2000).

| Concelho/Região de residência | Modos de Transporte | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------|-------------------------------|------|----------------------|--------------------------------------|---------|---|--------|
| | Duração média total | Automóvel | Transporte Público Rodoviário | A pé | Motociclo/ Bicicleta | A pé e Transporte Público Rodoviário | Comboio | Automóvel e Transporte Público Rodoviário | Outros |
| Espinho | 21 | 21 | 28 | 13 | 14 | 43 | 47 | 46 | 61 |
| Gondomar | 31 | 26 | 43 | 14 | 20 | 69 | - | 65 | 70 |
| Maia | 25 | 23 | 37 | 12 | 15 | 55 | 30 | 75 | 51 |
| Matosinhos | 24 | 22 | 35 | 13 | 18 | 80 | 24 | 55 | 56 |
| Porto | 27 | 26 | 35 | 15 | 21 | 54 | 37 | 68 | 50 |
| Póvoa de Varzim | 18 | 19 | 27 | 11 | 12 | 45 | 52 | 90 | 45 |
| Valongo | 29 | 24 | 43 | 13 | 18 | 65 | 42 | 69 | 65 |
| Vila do Conde | 22 | 23 | 31 | 12 | 17 | 43 | 30 | 65 | 57 |
| Vila Nova de Gaia | 29 | 26 | 40 | 13 | 17 | 54 | 44 | 62 | 59 |
| AMP | 26 | 24 | 38 | 14 | 16 | 60 | 35 | 65 | 57 |

A duração das viagens pendulares na zona do Porto e concelhos envolventes (Matosinhos, Maia, Valongo, Gondomar e Vila Nova de Gaia) é significativamente influenciado pelo forte grau de urbanização, com a consequente especialização de parcelas razoavelmente bem delimitadas do território em determinadas funções, sejam comerciais, residenciais ou outras, obrigando os residentes a deslocações pendulares mais longas do que em outras zonas. Não é, pois, de estranhar que as deslocações cumpridas a

pé sejam aqui menos frequentes do que em qualquer outro concelho da Região Norte. Apenas 25 a 28 % da população empregada residente nestes concelhos se desloca dessa forma (Pereira e Prata, 1991). De acordo com o mesmo estudo, em toda a região Norte do país, a maior parte dos percursos casa - trabalho (cerca de 42 %) são cumpridos a pé. Cerca de 31 % dos residentes empregados utilizam meios de transporte de tipo individual ou familiar, sendo 17 % em automóvel ligeiro (enquanto condutores), 10 % em veículos de duas rodas (motociclo ou bicicleta) e 4 % em automóvel ligeiro (enquanto passageiros).

Por seu turno, a AML (Área Metropolitana de Lisboa) regista também uma significativa acumulação de viagens pendulares. Por um lado, estima-se que os habitantes da AML (os quais residem maioritariamente nos concelhos vizinhos a Lisboa) realizem, diariamente, mais de 4 858 000 viagens, das quais mais de 60% estão relacionadas com a deslocação para o trabalho ou escola (Julião, 2008). O **Quadro 2** caracteriza a mobilidade na Região de Lisboa e Vale do Tejo, quer no que toca aos meios de transporte, quer no que se refere à duração dos trajectos.

Quadro 2: Percentagem de viagens realizadas na AML, por meio de transporte e duração média (Oliveira e Rodrigues, 2001).

| | | Duração do Trajecto | | | | | Total |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------|
| (em %) | | Nenhum | <= 15 minutos | 16-30 minutos | 31-60 minutos | >60 minutos | |
| Meio de Transporte | Nenhum (a pé) | 0,2 | 2,2 | 1,8 | 0,3 | 0,1 | 4,5 |
| | Autocarro, Electrico, Metropolitano | 0,0 | 2,3 | 10,7 | 15,1 | 10,8 | 39,0 |
| | Comboio | 0,0 | 0,3 | 1,9 | 5,5 | 4,9 | 12,6 |
| | Veículo da empresa ou escola | 0,0 | 0,9 | 2,4 | 2,2 | 1,6 | 7,1 |
| | Automóvel ligeiro como condutor | 0,1 | 6,3 | 9,7 | 7,2 | 2,7 | 25,9 |
| | Automóvel ligeiro como passageiro | 0,0 | 1,1 | 1,8 | 1,6 | 0,7 | 5,2 |
| | Motociclo, bicicleta | 0,0 | 1,3 | 1,7 | 0,4 | 0,1 | 3,5 |
| | Outro | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1,4 | 2,3 |
| Total | | 0,3 | 14,5 | 30,2 | 32,8 | 22,2 | 100,0 |

Tendo por base o trabalho de Oliveira e Rodrigues (2001), na região de Lisboa e Vale do Tejo, 42,3% dos movimentos pendulares que se registaram em 1991 têm origem e destino nesta região, estimando-se que cerca de 7 em cada 10 empregados trabalhem fora da freguesia de residência. Julião (2008) conclui também acerca da evolução da duração das viagens pendulares na AML a partir do centro, registando uma forte crescimento das viagens com durações compreendidas entre 10 e 20 minutos. O estudo levado a termo por Coelho *et al.* (2006) (**Quadro 3**) caracteriza de modo bastante completo a mobilidade e viagens na zona de Lisboa.

Quadro 3: Indicadores relativos às viagens realizadas na AML (1993 - 2003) (Coelho *et al.*, 2006).

| Alguns indicadores | 1993 | 1998 | 2003 |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Residentes em Lisboa | 677.790 ⁹ | 573.170 ¹⁰ | 503.820 ¹¹ |
| Total de viagens | 1.368.240 | 1.181.180 | 1.089.880 |
| Total de viagens a pé | 316.870 | 360.940 | 237.090 |
| Total de viagens motorizadas | 1.051.370 | 820.250 | 852.790 |
| TI | 37,5% | 47,2% | 40,8% |
| TC | 57,2% | 49,0% | 56,2% |
| TI + TC | 1,4% | 1,2% | 1,0% |
| Outros modos de transporte | 3,9% | 2,5% | 2,0% |
| Número médio de viagens/dia – população | 2,20 | 2,06 | 2,16 ¹² |
| Número médio de viagens/dia – pessoas móveis | 2,78 | 2,78 | 2,33 |
| Número médio de viagens motorizadas/ dia – pessoas móveis | 2,13 | 2,62 | 1,82 |
| Percentagem de pessoas imóveis (%) | 20,8% | 25,8% | 7%/21,2% (*) |
| Taxa de motorização (veículos/1000 hab.) | 232,5 | 272,3 | 281,8 |

De um modo geral, em Portugal, a evolução da taxa de motorização, entendida como o número de automóveis por cada 1000 habitantes, regista um crescimento sustentado ao longo dos últimos anos, tendo aumentado de 205 veículos por mil habitantes em 1992 para 335 por mil habitantes em 2000 (Schmidt *et al.*, 2005). Neste particular, a AML assume particular relevância, com 329 veículos por 1000 habitantes em 1997 contra os 303 do Continente, embora se registem contrastes sensíveis no seu interior, com a taxa de motorização (em 1997) a variar entre os 158 veículos por 1000 habitantes do concelho da Moita e os 607 de Lisboa (Julião, 2008).

À evolução da taxa de motorização parece corresponder também um aumento geral do tráfego de veículos ligeiros, facto que se concretiza num crescimento estimado desse mesmo tráfego em 390 por cento entre 1985 e 1997 (Schmidt *et al.*, 2005). Por um lado, ao desenvolvimento do parque automóvel correspondeu a uma subida geral no nível de vida dos portugueses. Em contrapartida, gerou também novas preocupações a nível ambiental e de mobilidade (particularmente nas grandes cidades). O problema do excesso de viaturas nas grandes urbes tem vindo a adquirir ênfase, o que se agrava com a fraca taxa de ocupação dos veículos, dos quais cerca de 70% circulam apenas com o respectivo condutor (Schmidt *et al.*, 2005).

Num plano totalmente diferente, este trabalho de Dissertação é motivado pelo aspecto humano associado às emissões e aos comportamentos de condução. O problema do congestionamento do tráfego em corredores urbanos afigura-se relevante, contribuindo para a existência de problemas sociais causados pelo stress e de problemas ambientais relacionados com as emissões de poluentes pelos veículos. As emissões provenientes do tráfego urbano encontram-se intrinsecamente ligadas ao tipo de condução e às interrupções de tráfego com que as viaturas se deparam ao longo dos trajectos percorridos. Uma condução

que seja caracterizada por constantes variações de velocidade do veículo provoca um aumento tanto do consumo de combustível, como das emissões de poluentes para a atmosfera. Nesta perspectiva, a análise de caminhos alternativos para um determinado par origem / destino é relevante, de forma a que o utilizador possa escolher a rota que esteja associada a menor congestionamento, consumos e emissões.

A problemática do congestionamento está intimamente relacionada com fenómenos diversos como a densidade urbana, a utilização ineficiente de modos de transporte e a desadequação de infra-estruturas rodoviárias. A análise do **Quadro 4**, permite extrair alguma informação interessante, nomeadamente o facto se poder associar ao aumento da densidade urbana, uma diminuição do consumo de energia anual por viagem, a qual se reflecte numa redução do custo associado aos transportes (traduzido em % do PIB).

Quadro 4: Densidade de população, consumo de energia e custo de transporte (EEA, 2009).

| Densidade (densidade da população e empregos por hectare) | Consumo de energia anual por viagem (Mega Joule por habitante) | Custo de transporte (% do PIB) |
|---|--|--------------------------------|
| 25 a 50 | 20 200 | 11,1 |
| 50 a 100 | 13 700 | 8,6 |
| > 100 | 12 200 | 5,7 |

Um motivo pelo qual se poderá justificar os dados tabelados está relacionado com uma maior utilização global do TI (Transporte Individual) em situações de menor densidade populacional uma vez que, nestas condições, a distância média das viagens tenderá a ser maior. Por outro lado, menor densidade populacional sugere a não existência de área urbana (ou limitação da sua dimensão), o que potencia dificuldade na aplicação do TC (Transporte Colectivo). No entanto, se é verdade que uma maior densidade urbana pode conduzir a menor consumo energético por viagem, deve ser tido em conta que a essa mesma densidade se pode associar um maior congestionamento, principalmente se as infra-estruturas e políticas de transporte não se encontrarem devidamente dimensionadas. O congestionamento, principalmente nas áreas urbanas, é também função dos hábitos e estilo de condução dos utilizadores. No entanto, a análise da temática do congestionamento urbano é intrincada, pois o conjunto de efeitos nefastos associados é complexo e extenso (Coelho, 2009):

- Perda de tempo produtivo;
- Atrasos na distribuição de mercadorias ao comércio;
- Redução das velocidades comerciais do TC;
- Maiores taxas de emissão de poluentes atmosféricos com motores em "ponto morto";
- Ocupação ineficiente e indevida do espaço urbano;

Monitorização Experimental de Rotas Alternativas para Veículos

- Níveis elevados de ruído.

No caso português, a tendência não diverge do que se regista a nível internacional. Se atentarmos ao **Quadro 5** e **Quadro 6**, interessa retirar duas conclusões. Em primeiro lugar, o número de veículos de passageiros (ligeiros e mistos) em circulação tem crescido em média cerca de 4% ao ano, facto que é acompanhado pela tendência de diminuição da utilização absoluta e relativa do TC. Em segundo lugar, merece ênfase, mais uma vez, o crescimento da taxa de motorização, quantificada em cerca de 30% na década compreendida entre 1998 e 2008.

Quadro 5: Veículos de passageiros e taxa de motorização em Portugal 1998 - 2008 (IMTT, 2008a).

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Tx. média crescim. 1998/2008 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|
| TOTAL | 3 163 200 | 3 363 800 | 3 457 000 | 3 603 800 | 3 900 000 | 3 981 100 | 4 115 200 | 4 215 270 | 4 305 000 | 4 394 100 | 4 423 400 | 3,80 |
| Ligeiros e mistos | 3 150 000 | 3 350 000 | 3 443 000 | 3 589 000 | 3 885 000 | 3 966 000 | 4 100 000 | 4 200 000 | 4 290 000 | 4 379 000 | 4 408 000 | 3,80 |
| Taxa de motorização | 315,65 | 335,08 | 337,20 | 347,25 | 374,29 | 379,54 | 389,39 | 398,13 | 404,75 | 412,43 | 414,78 | |
| Pesados | 13 200 | 13 800 | 14 000 | 14 800 | 15 000 | 15 100 | 15 200 | 15 270 | 15 000 | 15 100 | 15 400 | 1,73 |

Quadro 6: Número de passageiros transportados por modo 1998 - 2008 (IMTT, 2008b).

| | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|----------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | v.a | % | v.a | % | v.a | % | v.a | % | v.a | % | v.a | % | v.a | v.a | v.a | v.a | v.a |
| . Ferrovia | 303 309 | 19,75 | 275 656 | 18,20 | 299 892 | 19,57 | 305 442 | 21,01 | 305 792 | 22,14 | 332 778 (a) | 24,17 | 342 061 | 355 099 | 362 159 | 377 776 | 388 368 |
| . Rod. (t.p.colect.) | 1 127 810 | 73,42 | 1 138 801 | 75,19 | 1 138 945 | 74,31 | 1 061 025 | 72,99 | 991 226 | 71,76 | 962 439 | 69,91 | (b) | (b) | (b) | (b) | (b) |
| . C. Eléctricos | 27 622 | 1,80 | 26 124 | 1,72 | 23 195 | 1,51 | 21 415 | 1,47 | 20 197 | 1,46 | 19 723 | 1,43 | 18 175 | 18 063 | 18 742 | 18 752 | 18 552 |
| . Troleicarros | 4 490 | 0,29 | 3 983 | 0,26 | 3 270 | 0,21 | 3 292 | 0,23 | 3 629 | 0,26 | 3 866 | 0,28 | 3 701 | (c) | 3 119 | 3 135 | 2 802 |
| . Marít. + Fluvial | 55 797 | 3,63 | 51 019 | 3,37 | 47 219 | 3,08 | 42 166 | 2,90 | 40 497 | 2,93 | 37 089 | 2,69 | 35 265 | 33 691 | 32 741 | 32 405 | 33 043 |
| . Aéreo | 17 044 | 1,11 | 18 885 | 1,25 | 20 101 | 1,31 | 20 362 | 1,40 | 19 917 | 1,44 | 20 691 | 1,50 | 22 008 | 22 869 | 24 701 | 26 966 | 27 744 |
| TOTAL | 1 536 073 | 100,00 | 1 514 467 | 100,00 | 1 532 621 | 100,00 | 1 453 702 | 100,00 | 1 381 258 | 100,00 | 1 376 586 | 100,00 | 421 209 | 429 722 | 441 462 | 459 034 | 470 509 |

Estes factos demonstram claramente a existência de um défice ao nível da promoção do TC em favor do TI. Existem motivações muito diversas para esta situação, algumas das quais são apontadas por Vitorino (2007) em função de inquéritos realizados a utilizadores de TI:

- Maior tempo de espera;
- Menor conforto;
- Excesso de transbordos;
- Menor segurança;

Particularmente ao nível urbano, a primazia do TI face ao TC acaba por degenerar numa ocupação pouco eficiente do espaço urbano, com efeitos óbvios no congestionamento e também, como se expõe mais adiante, na escolha de rotas de tráfego por parte do utilizador.

De referir ainda que esta Dissertação é igualmente motivada pela identificação e compreensão dos motivos que influem na escolha de rotas por parte dos condutores. Essa temática é também abordada ao nível do Estado da Arte.

1.2. Objectivos

O principal objectivo desta Dissertação de Mestrado é o de determinar e analisar as emissões poluentes de viaturas (com motores diesel e gasolina) em trajectos diversos que liguem dois locais específicos nas redes viárias de Aveiro e Porto.

No seguimento do que tem vindo a ser descrito até aqui, os objectivos podem ser estabelecidos do ponto de vista experimental e, também, do ponto de vista da análise dos resultados empíricos obtidos.

No que concerne à vertente prática, pretende-se levar a cabo com sucesso a monitorização experimental do desempenho de uma mesma viatura para trajectos alternativos entre pontos de partida e de chegada específicos, localizados na rede rodoviária dos distritos de Aveiro e Porto. A monitorização compreende duas tarefas essenciais:

- ✓ Recolha de parâmetros de dinâmica do veículo, como sejam posição e velocidade, bem como da inclinação da estrada através de um dispositivo de Sistema Global de Posicionamento ("Global Positioning System" - GPS);
- ✓ Gravação vídeo dos testes experimentais conduzidos de modo a contribuir para a identificação da ocorrência de incidentes e melhor caracterização dos percursos em análise.

Já que no respeito à análise dos dados experimentais, o objectivo da Dissertação de Mestrado é determinar as emissões poluentes das viaturas testadas. Tal deve ser alcançado através da aplicação de um modelo teórico de cálculo de emissões gasosas, baseado no conceito de Potência Específica do Veículo ("Vehicle Specific Power" – VSP).

Assim no âmbito do enunciado nos parágrafos anteriores, esta Dissertação deverá:

1. Estabelecer o *estado-da-arte* da monitorização de desempenho de veículos, consumo, emissões e escolha de rotas por parte dos utilizadores;
2. Saber caracterizar o desempenho de um veículo em diferentes vias;
3. Utilizar uma metodologia que correlaciona a actividade dos veículos (ao nível da velocidade e acelerações/desacelerações) com as suas emissões;

Pretende-se que desta Dissertação possam ser extraídas conclusões acerca dos possíveis efeitos da selecção de rota em relação ao desempenho energético - ambiental dos veículos estudados. Ambiciona-se também avaliar diferentes aspectos, do ponto de visto do utilizador, que possam influir na selecção das rotas disponíveis.

Numa perspectiva mais ampla, este trabalho aspira a contribuir para uma crescente consciencialização do cidadão comum para o papel que a escolha de uma determinada rota durante um percurso tem no impacte ao nível dos consumos energéticos e das emissões de poluentes.

1.3. Estrutura da Dissertação

A estrutura desta Dissertação foi delineada de modo a garantir ao leitor não só um fácil enquadramento com a temática em análise, mas também uma consulta acessível das diferentes vertentes que a compõem. Neste sentido, são considerados cinco capítulos principais, os quais se subdividem em subcapítulos versando sobre aspectos distintos e concretos relacionados com monitorização experimental de rotas. O fluxograma seguinte (**Figura 2**) ilustra a estrutura do trabalho efectuado.

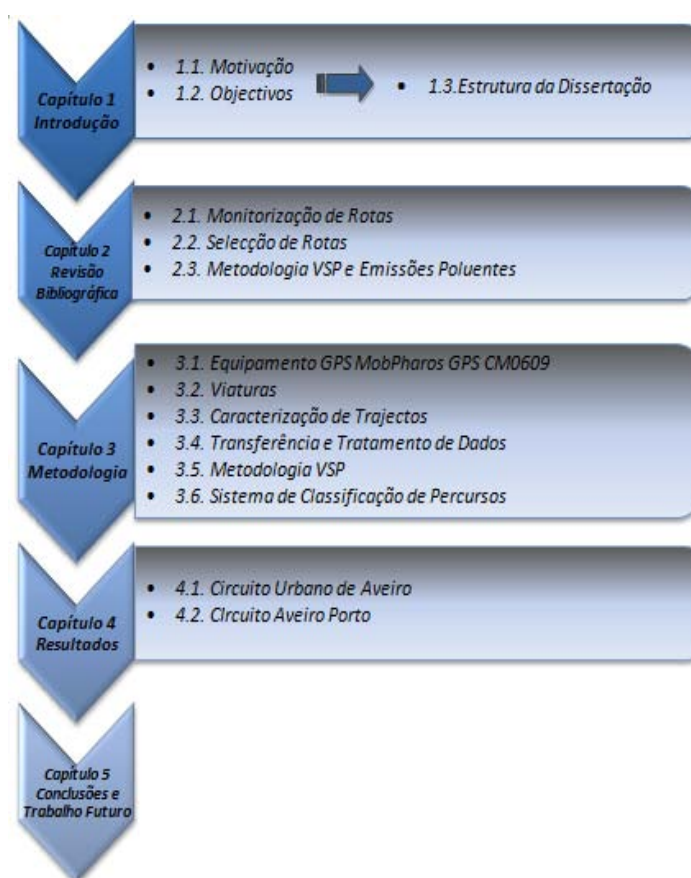


Figura 2: Estrutura da Dissertação.

O intuito do Capítulo 1 é descrever as motivações que levam à execução desta Dissertação e definir as metas que se pretendem atingir com a sua realização. Em função das motivações apresentadas e, principalmente, dos objectivos definidos é então estabelecida uma estrutura apropriada, capaz de garantir que os mesmos sejam atingidos.

A existência de um capítulo dedicado à revisão bibliográfica (Capítulo 2) é fundamental para garantir a familiarização do autor com o trabalho científico prévio no domínio dos aspectos em análise. Da pesquisa efectuada resultam três áreas fundamentais sobre as quais se verifica a existência de bibliografia adequada e cujo domínio vem de encontro do estudo experimental de emissões poluentes para rotas concorrentes: monitorização de rotas (2.1.), selecção de rotas (2.2.) e metodologia VSP e emissões poluentes (2.3.).

Com base na revisão bibliográfica e procurando adaptar os conceitos e aspectos técnicos nela descritos, estabelece-se uma metodologia adequada aos objectivos do trabalho (Capítulo 3). Por um lado, entendeu-se apropriado descrever sucintamente os elementos principais utilizados na fase experimental, casos do modelo GPS (3.1.) e das viaturas utilizadas na simulação de rotas (3.2.). Numa segunda fase do capítulo, são apresentados e caracterizados os trajectos simulados (3.3.), é fornecida a explicação sobre o modo como os dados recolhidos são trabalhados (3.4.) de modo a ser empregue a metodologia VSP cuja adaptação se descreve em 3.5.. Por último, em 3.6. são descritos os princípios para classificação de trajectos criado para esta Dissertação.

No Capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados sob diferentes perspectivas (análise individual de trajectos, análise comparativa e classificação), resultados esses que servem de base às conclusões da Dissertação, estabelecidas no Capítulo 5. Este último engloba também algumas indicações acerca de perspectivas futuras sobre o desenvolvimento mais aprofundado do âmbito deste trabalho.

Por fim, sublinhe-se ainda que o conteúdo presente nos capítulos descritos é ainda suportado por um conjunto de anexos. A sua consulta, bem como o conjunto de ilustrações e tabelas disponibilizados, são um complemento importante ao aprofundamento e conhecimento do trabalho desenvolvido.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, procura-se focar três áreas directamente relacionadas com o âmbito da presente Dissertação. Em primeiro lugar, destacam-se os métodos empregues na monitorização de rotas. Em segundo lugar, evidenciam-se os principais factores que influenciam a escolha de rotas por parte de um condutor genérico. Finalmente, salientam-se aspectos relacionados com as emissões poluentes e a relação destas com as rotas seleccionadas e com o método VSP.

2.1. Monitorização de Rotas

Os métodos empregues na monitorização experimental de rotas dividem-se em duas categorias fundamentais: inquéritos/questionários e utilização de dispositivos electrónicos de recolha de informação. Os primeiros podem ser considerados como métodos convencionais de recolha de dados, e a sua obtenção realiza-se de modos diversos, como seja através de e-mail, telefone ou entrevista (Du e Altmann-Hall, 2007).

Os inquéritos fazem particular sentido quando um grupo de indivíduos tomam parte de um estudo e se pretende conhecer os hábitos de condução dos mesmos. Os questionários podem ser de índole qualitativa ou quantitativa, remetendo para questões relacionadas com a rede rodoviária (por exemplo tempo de viagem ou distância) ou outros aspectos relevantes para o condutor (por exemplo conforto, segurança, rotina). Esta metodologia é muitas vezes empregue enquanto complemento aos dispositivos electrónicos, nomeadamente através da realização de pós-entrevistas aos períodos experimentais (Papinsky *et al.*, 2009). Deste modo, funciona como uma forma de confirmar a fiabilidade da informação recolhida e, ao mesmo tempo, como meio de recolha de informação adicional.

Os inquéritos apresentam diversas limitações. Os participantes nem sempre conseguem evitar a omissão de factos e não raras vezes a exactidão dos dados relatados é duvidosa (Du e Altmann-Hall, 2007). Por outro lado, os participantes são normalmente demasiado optimistas quando respondem a questões hipotéticas, pois a sua resposta deriva daquilo que imaginam da situação e não da sua experiência directa. Noutros casos, verifica-se a tendência para responder em função daquilo que o entrevistador gostaria de ouvir e não daquilo que é a real perspectiva do entrevistado (Hunt e Abraham, 2007). Em função do descrito neste parágrafo, tornam-se claro os motivos pelos quais a selecção dos entrevistados deve ser criteriosa e os questionários devem ser concebidos de forma não tendenciosa face às respostas a obter (Papinsky *et al.*, 2009).

A alternativa aos questionários passa pela recolha de informação com dispositivos GPS, os quais oferecem vantagens diversas aos métodos tradicionais. Com base na experiência de campo, a captura de informação relativa a fixação de rotas e registo de velocidades com GPS é largamente superior à que se

verifica em questionários retrospectivos (Murakami e Wagner, 1999). De acordo com Du e Altmann-Hall (2007), o sistema GPS pode ser utilizado com duas configurações distintas no âmbito da monitorização experimental. A primeira assenta na utilização de um equipamento GPS em conjunto com um Assistente Digital Pessoal ("Personal Digital Assistant" - PDA), onde se exige que os participantes imputem informação no decurso de cada viagem (número de passageiros, proposta de viagem, etc). Se desenvolvida de modo adequado, esta hipótese tem potencial para recolha de informação mais complexa e completa em viagens individuais, ainda que seja um processo mais exigente do ponto de vista do custo e do trabalho exigido ao utilizador. A segunda opção passa por um utilizar um GPS passivo, funcionando num regime de não acção por parte dos participantes, recolhendo informação de modo automático. Este sistema caracteriza-se por um funcionamento mais simples e cómodo mas, em contrapartida, obriga a um pós-processamento da informação dado que todas as viagens são armazenadas conjuntamente num mesmo bloco de informação. Por outro lado, os sistemas GPS caracterizam-se por serem práticos do ponto de vista da transferência de informação, podendo a mesma ser recolhido em dias consecutivos de teste e transferida de modo praticamente automático, ficando disponível sob formato electrónico (Bierlaire e Frejinger, 2008).

Em todo o caso, é justo salientar que os sistemas GPS também apresentam limitações, descritos por Zito *et al.* (1995) e Wolf *et al.* (1999). Em primeiro lugar existem restrições de âmbito tecnológico, entre os quais se contam erros de relógio de satélite, ruído na recepção de sinal e limites de exactidão da informação recebida. Em segundo lugar, dependendo do número de satélites disponíveis, condições atmosféricas e ambiente adjacente (ponte, túneis, edifícios), o GPS receptor poderá computar uma posição errada ou mesmo omitir essa posição. Em terceiro lugar, a informação é armazenada como um todo, necessitando de ser trabalhada à posteriori para reconstruir as viagens. O processamento de informação apresenta-se largamente dependente da precisão do sistema de informação geográfica utilizado. Devem ainda ser levados em linha de conta aspectos como a memória do equipamento, fiabilidade, exactidão e consumo de bateria (Wolf *et al.*, 2003). Coelho *et al.* (2009) frisam também que quaisquer medições a bordo de um veículo são afectadas de factores físicos externos de difícil controlo, tais como pressão e temperatura, sugerindo que devem ser realizadas múltiplas medições de modo a esbater os factores mencionados.

2.2. Selecção de Rotas

O processo de selecção de rotas não deve ser entendido exclusivamente como um procedimento prévio à realização de um trajecto. Na verdade, as decisões sobre rotas tanto ocorrem antes da viagem como no decurso da mesma, em função das ocorrências registadas, particularmente ao nível do tráfego (Papinsky *et al.*, 2009). Segundo Polydoropoulou *et al.* (1996), a mudança de rota face ao previsto é uma tendência habitual quando se regista que o trajecto actual potencia atrasos horários. Papinsky *et al.* (2009)

estimam que, em testes por si levados a cabo, cerca de 20% dos participantes se desviam da rota inicialmente planeada, principalmente em rotas de curta distância. Em média, essas mudanças de rota representam cerca de 44% da distância da viagem. Os desvios de percurso relacionam-se, por um lado, com a percepção que os condutores têm momentaneamente das rotas alternativas e também, por outro lado, com o conhecimento de rotas locais. As decisões de alteração de rota são potenciadas, por exemplo, pelo congestionamento da via e/ou alteração de horários e prioridades.

Tendo por base os estudos desenvolvidos por Ahn e Rakha (2008), conclui-se que, tipicamente, os condutores seleccionam rotas de modo a minimizar duas vertentes fundamentais: o tempo de viagem e custo associado. Além destes factores, a distância é também um critério de decisão fundamental. Dentro dos elementos referidos, alguns estudos apontam para uma maior importância relativa do tempo de viagem face ao critério de distância (Abdel-Aty e Abdalla, 2006). Tais preferências levam a que se verifique regularmente a escolha de roteiros mais longos desde que sejam mais rápidos de percorrer. Neste contexto, impõe-se a questão de aferir se viajar em percursos mais rápidos resulta em mais valias energéticas ou em melhorias na qualidade do ar. De um modo geral, os resultados demonstram que a escolha de um percurso em auto-estrada (sinónimo de percurso mais rápido) nem sempre é o mais benéfico do ponto de vista energético/ambiental. Os mesmos autores afixam que é possível obter melhorias significativas ao nível do consumo de energia e da qualidade do ar, optando por viajar em artérias alternativas mais lentas (por exemplo estradas rurais) à custa de algum prejuízo do tempo de viagem.

Confirmando os aspectos salientados no parágrafo anterior, (Papinsky *et al.*, 2009) realçam que os condutores têm preferência pela minimização do tempo de viagem como critério de escolha de rotas de tráfego. Porém, acrescentam que outros aspectos podem influenciar o processo de escolha do condutor, concretamente a minimização do número de sinalizações no decurso da viagem, bem como a redução de congestionamento ou a capacidade do percurso ser tão directo quanto possível desde o ponto de partida até ao destino final. Ainda no que diz respeito ao congestionamento, este factor assume-se como um dos principais agentes responsáveis pelo dificultar do planeamento com vista a reduzir os atrasos e a melhorar os níveis de confiança dos condutores no cumprimento de horários. Desta forma, conclui-se que o processo de decisão se baseia também no nível de urgência do condutor, experiência, conhecimento da rede local e na informação momentaneamente disponível no que concerne, entre outros, a tempo de viagem e distância (Ahn e Rakha, 2008). Todavia, a minimização do custo generalizado, tempo ou distância não são os únicos factores a influenciar a escolha de rota individual (Golledge e Stimson, 1997). Alguns critérios alternativos considerados importantes para a selecção de rotas incluem: número mínimo de curvas, minimização de obstáculos, restrições de horas de ponta, maximização de conforto, minimização de transferências intermodais, optimização de rotas mais rápidas (auto-estrada) ou maximização de segurança (Golledge e Garling, 2002).

Com particular incidência nas rotas trabalho - casa, outras questões com impacto no processo de escolha são descritas, como a sejam a localização tanto da residência como do local de emprego. Nestas situações em particular, merece também discussão os crescentes hábitos de coordenação de horários com outros membros familiares ou conhecidos com vista à partilha do meio de transporte (Doherty e Miller, 2000). Factores como hábitos adquiridos e as rotinas também têm influência no processo de selecção, tendendo a provocar inércia e levando o utilizador a subestimar soluções alternativas (Srinivasan e Mahmassani, 2000). Ahn e Rakha (2008) expõem ainda que a flexibilidade de horários de trabalho se pode correlacionar com a escolha de um conjunto de rotas mais diversificadas por parte do condutor, bem como com uma maior frequência de paragens durante os percursos.

Embora não seja um aspecto habitualmente levado em consideração, o conceito de espaço de acção do condutor pode ter uma influência relativamente importante no processo de escolha de rotas, particularmente para percursos ditos rotineiros (Horton e Reynolds, 1971). Este conceito traduz a familiaridade dos locais de um dado trajecto para o condutor. Na hipótese de ter de decidir entre dois trajectos semelhantes, um desconhecido e outro mais familiar, o segundo deverá ser o preferido do condutor genérico.

Do ponto de vista do critério de selecção de rotas para efeitos de investigação, os ciclos de condução devem ser representativos dos padrões típicos de condução da região em análise, uma vez que estes variam significativamente com diferenças culturais. Tais assimetrias são discutidas por Wang *et al.* (2008), onde se destacam diferenças consideráveis ao nível de velocidade média, aceleração e factores de emissão entre Europa, Estados Unidos e China.

Finalmente, deve ser sublinhado que, regra geral, as questões energético - ambientais não constam dos critérios prioritários dos condutores para selecção de rotas (Ahn e Rakha, 2008).

2.3. Metodologia VSP e Emissões Poluentes

De acordo com o discutido por Frey *et al.* (2010), a metodologia VSP insere-se num conjunto de modelos de previsão de emissões, dependendo a sua aplicabilidade dos objectivos e características dos estudos a efectuar..

Em termos genéricos, com base em velocidades, acelerações e inclinação do terreno, o método matemático VSP contribui para a explicação das emissões de veículos (Coelho *et al.*, 2009). Este método tem-se revelado útil na estimativa das emissões em viaturas ligeiras a gasolina (NCSU, 2002) (Frey *et al.*, 2006) (Jimenez-Palacios, 1999), embora mais recentemente, testes conduzidos por Coelho *et al.* (2009) preconizem que o método VSP é igualmente aplicável a viaturas ligeiras a gasóleo.

A metodologia VSP foi aplicada em Frey *et al.* (2007) para cálculo e comparação de consumo de combustível (e sua relação com as emissões poluentes) em autocarros diesel e com células de combustível de hidrogénio. De modo a garantir a robustez da metodologia VSP, os valores obtidos são confrontados

com valores reais dos mercados português e norte-americano, resultando, em geral, em erros inferiores a 10%. Este estudo não é, aliás, único na abordagem das emissões em autocarros. Zhai *et al.* (2008) estima também as emissões médias para autocarros a diesel a partir de modos VSP definidos com base em dados recolhidos com equipamentos PEMS (*Portable Emissions Measurement System*). Os resultados confirmam a fiabilidade da metodologia VSP, tendo a validação dos resultados face a dados reais garantindo erros estimados entre 3 e 6% para os diversos poluentes analisados. Outro estudo que procura comparar desempenhos energéticos e ambientais de diferentes combustíveis a partir da metodologia VSP é documentado por Zhai *et al.* (2009), onde são confrontadas as hipóteses gasolina versus etanol (E85). Conclui-se, em termos comparativos, que o E85 potencia a redução de emissões de CO em 22% e de NOx em 8%, embora potencie também o aumento de emissões de HC.

Numa perspectiva distinta, tem sido também possível aplicar a metodologia VSP a regimes de funcionamento bastante particulares. Choi e Frey (2009) procuram estimar factores de emissão em pequenos segmentos de auto-estrada a velocidade superiores a 65 mph (104,6 km/h). Concluiu-se que os factores de emissão são bastante sensíveis a aumentos de velocidade de 65 mph para 78 mph, com particular ênfase no CO face aos restantes poluentes avaliados (CO₂, HC e NOx). Por outro lado, as emissões de CO são sensíveis à mudança de velocidade de regime constante para regime transiente em qualquer gama de velocidades. Em contraste, CO₂, HC e NOx são sensíveis à mesma mudança num regime mais baixo de velocidade, tornando-se progressivamente menos sensíveis à medida que a velocidade aumenta.

Frey *et al.* (2008) utilizam também a metodologia VSP procurando estimar emissões de poluentes em rotas alternativas, avaliando a influência de diferentes variáveis como a inclinação ou hora do dia. Segundo o estudo, as emissões podem variar 19% em função do tráfego existente e a ocorrência de inclinações positivas podem originar um acréscimo de 20% nas taxas de emissão. Este estudo aponta três variáveis fundamentais à variabilidade de emissões no mesmo veículo: velocidade, aceleração e inclinação da estrada. Além destes, a mudança de condutor pode também assegurar variações sensíveis nas emissões, particularmente ao nível do CO (102 a 114%), mas também para os restantes poluentes embora numa escala mais reduzida (4 a 18%).

Finalmente, de referir que o inventário de emissões poluentes para diferentes viaturas numa perspectiva de controlo da qualidade do ar tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais relevantes em países em desenvolvimento. De acordo com Liu *et al.* (2007), em diversas cidades chinesas (com destaque para Pequim e Shangai), os parques automóveis têm sido alvo de testes para estimativa das emissões totais com recurso à metodologia VSP.

No âmbito da presente Dissertação, a metodologia VSP é aplicada num âmbito semelhante a alguns dos trabalhos enunciados. Desde logo, o objectivo principal do trabalho, que passa pela determinação das emissões poluentes em viaturas ligeiras, concretiza-se aplicando a referida metodologia tanto a viaturas a gasolina (NCSU, 2002) (Frey *et al.*, 2006) (Jimenez-Palacios, 1999), como a veículos a gasóleo (Coelho *et al.*, 2009). Por outro lado, essas emissões são determinadas para diferentes rotas

alternativas, na sequência, por exemplo, do estudo levado a cabo por Frey *et al.* (2008). Assim, na sequência do trabalho científico desenvolvido ao longo dos últimos anos, esta Dissertação potencia as virtudes da metodologia VSP no contexto da mobilidade regional de Aveiro e Porto.

3. Metodologia

Todo o processo seguido na corrente Dissertação pretende satisfazer não só os objectivos estabelecidos para este trabalho, mas também garantir a execução atempada do plano de trabalho definido conforme a calendarização que se apresenta no **Quadro 7**.

Quadro 7: Calendarização proposta para realização de Dissertação.

| Tarefa | 2010 | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------|-------|------|-------|
| | Fevereiro | Março | Abril | Maiο | Junho |
| 1. Revisão Bibliográfica | | | | | |
| 2. Caracterização do Caso de Estudo | | | | | |
| 3. Caracterização do Desempenho | | | | | |
| 4. Modelação das Emissões | | | | | |
| 5. Cenários Alternativos | | | | | |
| 6. Escrita Dissertação de Mestrado | | | | | |

As tarefas especificadas no **Quadro 7** são explicadas seguidamente:

- Tarefa 1 - Revisão bibliográfica: literatura técnica sobre monitorização experimental, modelos numéricos, emissões poluentes, consumos de combustível e selecção de rotas;
- Tarefa 2 - Caracterização detalhada do caso de estudo: análise e caracterização detalhada das vias em estudo e das suas alternativas;
- Tarefa 3 - Caracterização do desempenho do veículo: medições experimentais de dados instantâneos (posição, aceleração, inclinação da estrada) nos trajectos definidos, com recurso a um dispositivo GPS;
- Tarefa 4 - Modelação das emissões de um veículo: utilização dos dados obtidos na Tarefa 3 como dados de entrada no indicador VSP, o qual serve de base ao cálculo das emissões poluentes;
- Tarefa 5 - Cenários alternativos: simulação de diferentes cenários, especificamente com a realização de testes com condutor e viatura alternativos;
- Tarefa 6 - Escrita da Dissertação de Mestrado: escrita de Dissertação e respectivo artigo para submissão a conferência. Defesa da Dissertação de Mestrado.

Com o intuito de tornar um pouco mais clara a metodologia utilizada no âmbito da Dissertação, apresenta-se o fluxograma representado na **Figura 3**. De notar que a metodologia pode ser dividida em três fases distintas, as quais se apresentam, no entanto, complementares e com algum grau de

interdependência. O **Quadro 8** apresenta o número de testes efectuados, bem como a sua distribuição por condutor e tipo de viatura.

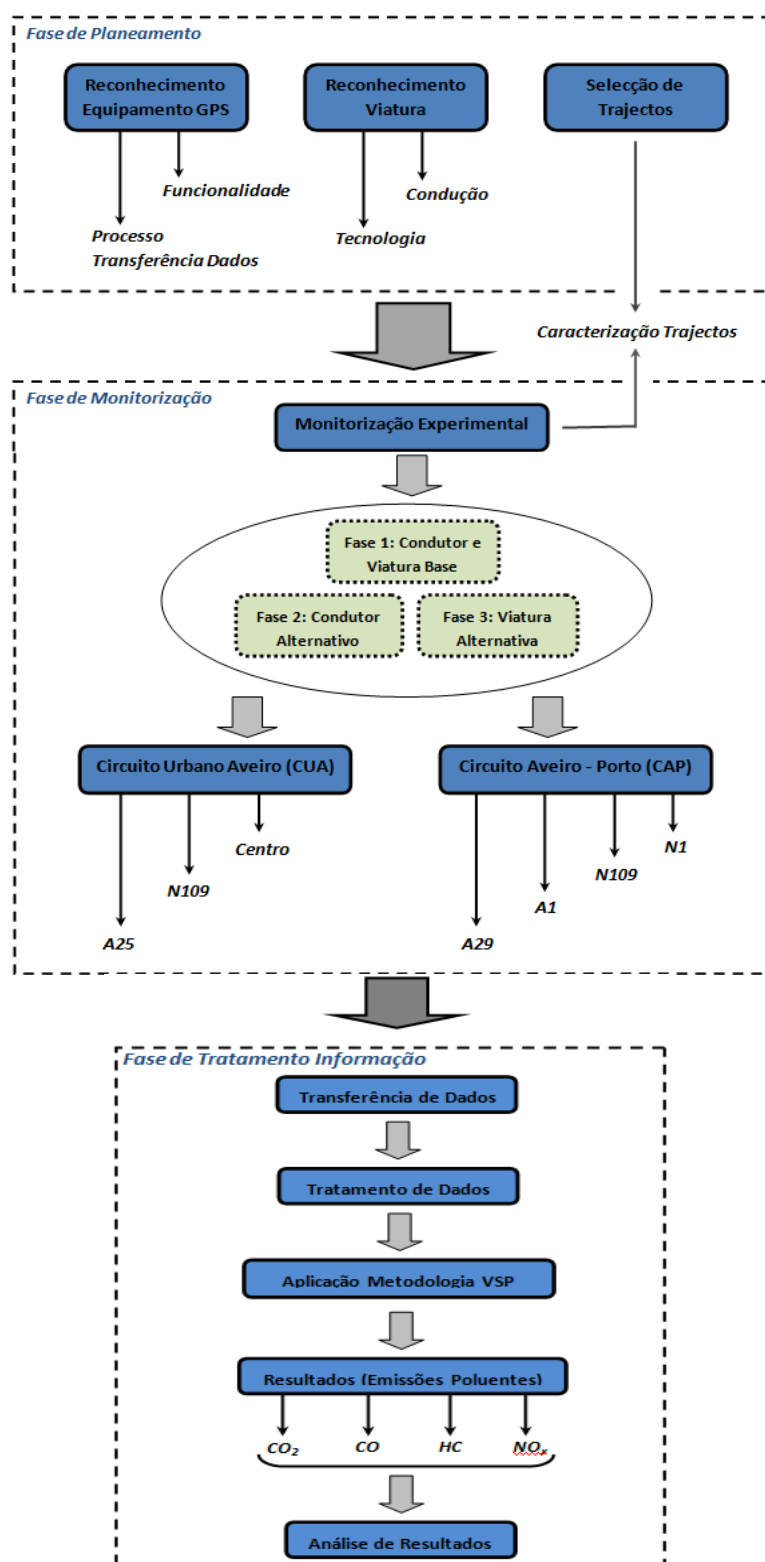


Figura 3: Metodologia da Dissertação.

Quadro 8: Descrição do número de monitorizações experimentais efectuadas.

| | Data Início | Data Final | Viatura | Condutor | Número Monitorizações Válidas | | | | | |
|---------------|-------------|------------|------------------------|----------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | CUA T1 | CUA T2 | CUA T3 | CAP T1 | CAP T2 | CAP T3 |
| Fase 1 | 01-03-2010 | 06-04-2010 | <i>Toyota Prius</i> | A | 12 | 12 | 12 | 4 | 4 | 4 |
| Fase 2 | 22-04-2010 | 28-04-2010 | <i>Toyota Prius</i> | B | 8 | 8 | 8 | 4 | 4 | 4 |
| Fase 3 | 29-04-2010 | 06-05-2010 | <i>Volkswagen Polo</i> | A | 8 | 8 | 8 | 4 | 4 | 4 |

3.1. Equipamento GPS *MobPharos GPS CM0609*

A metodologia correspondente à recolha de dados para a presente Dissertação depende tanto dos objectivos delineados como das características do equipamento utilizado para o efeito. Assim, é de todo o interesse salientar alguns aspectos a levar em linha de conta no que respeita à utilização do GPS.

O equipamento GPS utilizado no decurso deste trabalho foi o *MobPharos GPS CM0609*, ilustrado na **Figura 4**. Trata-se de um dispositivo tipo bracelete, extremamente versátil na medida das suas reduzidas dimensões com funções de rastreio do trajecto realizado pelo utilizador. No essencial apresenta três funcionalidades relevantes:

- Registo de localização (coordenadas) em tempo real;
- Registo de velocidade em tempo real;
- Possibilidade de transferência de dados recolhidos para computador via USB ou *bluetooth*, na perspectiva de tratamento desses mesmos dados;



Figura 4: GPS *MobPharos CM0609*.

Contudo, para obtenção dos dados discriminados em tempo real, a utilização deste equipamento implica cuidados especiais. Nesse sentido, e com vista à melhoria da fiabilidade da informação recolhida, é essencial garantir:

- A qualidade e cobertura da rede GSM;
- A utilização em espaço aberto, uma vez que a presença de material metálico e/ou cimento bloqueia total ou parcialmente o sinal GPS emitido via satélite;
- A não exposição do aparelho a temperaturas acima dos 50º por motivos de segurança;
- A utilização de baterias recomendadas e que cumpram os requisitos técnicos, sob risco de explosão;
- O carregamento total da bateria, o que se traduz num período de carregamento de aproximadamente 8 horas na primeira utilização e de 3 a 4 horas nas subsequentes;
- A verificação regular da percentagem de ocupação de memória do dispositivo, sob risco de ocupação total da mesma, o que, no limite, se pode traduzir na invalidação de testes.

Além dos aspectos focados, convirá sublinhar algumas definições de configuração escolhidas para o GPS, servindo elas de referência a uma potencial futura utilização. Assim:

- *GPS Mode: On* (Menu *GPS*) - Corresponde à activação do modo GPS do dispositivo;
- *Saving Mode: Time* (Menu *Data Logger*) - Corresponde à opção de gravar os dados de posição e velocidade registados pelo GPS segundo uma determinada periodicidade de tempo;
- *Timer(sec): 1* (Menu *Data Logger*) - Estabelece a periodicidade segundo a qual os dados de posição e velocidade são gravadas (1 segundo);

3.2. Viaturas

Para efeitos de recolha de dados experimentais conducentes à análise comparativa de um conjunto de trajectos, é de toda a conveniência a utilização da mesma viatura na mesma fase de testes. Cada viatura, em função das suas características mecânicas e estado de conservação permite um determinado estilo de condução, estilo esse que, em maior ou menor escala, influenciará o desempenho energético - ambiental. Nesta perspectiva, em cada uma das três fases de testes realizadas, foi sempre utilizada a mesma viatura, respectivamente um *Toyota Prius* (Fase 1, Fase 2) e um *Volkswagen Polo* (Fase 3). Esta estratégia permitiu também avaliar de forma aproximada o efeito da mudança de viatura através da comparação dos resultados para os mesmos trajectos em fases diferentes, mantendo o mesmo condutor (Fase 3).

A monitorização experimental desta Dissertação contou com a gentil colaboração da Toyota Caetano Portugal, S.A., a qual disponibilizou o empréstimo do modelo híbrido *Toyota Prius* utilizado (**Figura 5**).



Figura 5: *Toyota Prius*.

No **Quadro 9**, são disponibilizados alguns dados relativos à performance do *Toyota Prius* utilizado no âmbito desta Dissertação.

Quadro 9: Caracterização das motorizações do *Toyota Prius* (Toyota Motor Marketing Europe, 2010).

| | <i>Motor 1.5 VVT-i</i> | <i>Motor Eléctrico</i> |
|----------|------------------------|--------------------------------|
| Potência | 77 cv às 5000 rpm | 68 cv entre as 1200 - 1540 rpm |
| Binário | 115 Nm às 4000 rpm | 400 Nm entre as 0 - 1200 rpm |
| Energia | 4,3 l / 100 km | 500 Volts |

A viatura encontra-se desenvolvida para permitir uma velocidade máxima de 180 km/h e uma aceleração dos 0 - 100 km/h em aproximadamente 10,4 segundos. Em termos de emissões de CO₂, estão previstas 104 gramas por quilómetro (Toyota Motor Marketing Europe, 2010).

No que respeita ao *Volkswagen Polo* (**Figura 6**), trata-se de uma viatura a gasolina, com velocidade máxima de 165 km/h e emissões previstas de 128 gramas por quilómetro (Volkswagen, 2010). O **Quadro 10** fornece mais alguns dados complementares acerca do automóvel em questão.



Figura 6: Volkswagen Polo.

Quadro 10: Caracterização da motorização Volkswagen Polo (Volkswagen, 2010).

| | <i>Motor 1.2</i> |
|----------|--------------------|
| Potência | 51 kW às 5400 rpm |
| Binário | 112 Nm às 3000 rpm |
| Energia | 5,5 l / 100 km |

3.3. Caracterização de Trajectos

Em termos genéricos, servem de caso de estudo a esta Dissertação dois conjuntos de trajectos. O primeiro grupo cinge-se ao perímetro urbano de Aveiro (Circuito Urbano da Aveiro). O segundo inclui diversas hipóteses de interligação entre as cidades de Aveiro e Porto (Circuito Aveiro - Porto). Para cada um dos conjuntos foi estabelecido que todos os trajectos devem ter como característica comum os mesmos pontos de partida e de chegada.

A escolha destes conjuntos de trajectos permite, em ambos os casos, monitorizar rotas com características bastante distintas, tanto em trajecto urbano, estrada nacional ou em auto-estrada. Espera-se que a selecção dos trajectos em questão seja propícia à obtenção de conclusões acerca da influência das características dos mesmos nas emissões de poluentes e selecção de rota. No sentido de melhor estabelecer as características dos trajectos em análise (descritos na secção 3.3.1.), os mesmos foram filmados a partir do interior das viaturas utilizadas (**Figura 7**).



Figura 7: Montagem de tripé e máquina para filmagem de trajectos.

3.3.1. Critérios de Caracterização dos Trajectos

Com vista a melhor qualificar os trajectos em análise para cada um dos circuitos, entendeu-se ser razoável definir um conjunto de parâmetros característicos, os quais, para cada caso, são quantificados através de informação recolhida durante a fase experimental de monitorização. Para efeitos desta caracterização, cada um dos trajectos é dividido em troços, uma vez que dentro do mesmo trajecto é comum existirem zonas com características bastante distintas. Assim, passa-se a enunciar os critérios caracterizadores dos troços dos diferentes trajectos:

- Distância;
- Vizinhança: diz respeito ao tipo de actividade da zona que circunda a via em análise, podendo assumir os seguintes designações:
 - a) Residencial;
 - b) Comercial/Serviços (C&S);
 - c) Vias de Comunicação;
 - d) Industrial;
- Tipo de Via:
 - a) Urbano;
 - b) Estrada Nacional;
 - c) Auto Estrada;
- Limite de Velocidade;
- Número de Vias de Trânsito;
- Intersecções: ocorrências do tipo cruzamento, entroncamento ou rotunda; não se incluem entradas e saídas de propriedades privadas, garagens ou troços não asfaltados;

- Vias de aceleração e desaceleração: ocorrências do tipo junção e disjunção da via (como entradas e saídas de Auto Estrada);
- 2ª Fila: ocorrência ou não de estacionamento em 2ª fila;
- Pavimento: estado de conservação do piso e visibilidade de marcas rodoviárias, considerando as seguintes categorias:
 - a) Insuficiente;
 - b) Aceitável;
 - c) Bom;
 - d) Muito Bom;
- Densidade de Peões: densidade de presença de tráfego pedonal ao longo da faixa de rodagem, considerando as categorias expressas no **Quadro 11** (Fruin, 1971):

Quadro 11: Classificações quanto à densidade de peões.

| Classificação Qualitativa | Densidade |
|---------------------------|--|
| Nível de Serviço A | pelo menos 3,3 m ² por pessoa |
| Nível de Serviço B | 2,3 m ² por pessoa |
| Nível de Serviço C | 1,4 m ² por pessoa |
| Nível de Serviço D | 0,93 m ² por pessoa |
| Nível de Serviço E | 0,46 m ² por pessoa |
| Nível de Serviço F | menos de 0,46 m ² por pessoa |

- Portagens: existência (ou não) de portagens nas vias analisadas;
- Separador Central: existência ou não de separador central;

Além das características enunciadas, convirá esclarecer ainda dois aspectos. Em primeiro lugar, os graus atribuídos têm um carácter relativo, ou seja, são imputados tendo em consideração a comparação entre os trajectos alternativos. Em segundo lugar, os graus atribuídos resultam da experiência de monitorização e da visualização das gravações vídeo realizadas.

3.3.2. Circuito Urbano de Aveiro

Para a realização do Circuito Urbano de Aveiro (CUA) foram considerados três percursos alternativos para ligação da Rotunda da Universidade (**Figura 8**) à Rotunda da Taboeira (**Figura 9**). Deve ser sublinhado que todos os trajectos foram realizados e testados em ambos os sentidos, procurando assim esbater pequenas diferenças de trajecto existentes em cada um das duas vertentes.



Figura 8: Rotunda da Universidade de Aveiro.



Figura 9: Rotunda da Taboeira.

Os três trajectos delineados para interligar estas duas localizações apresentam distâncias e características diversas, cujas diferenças em termos de percurso podem ser globalmente compreendidas na **Figura 10**.

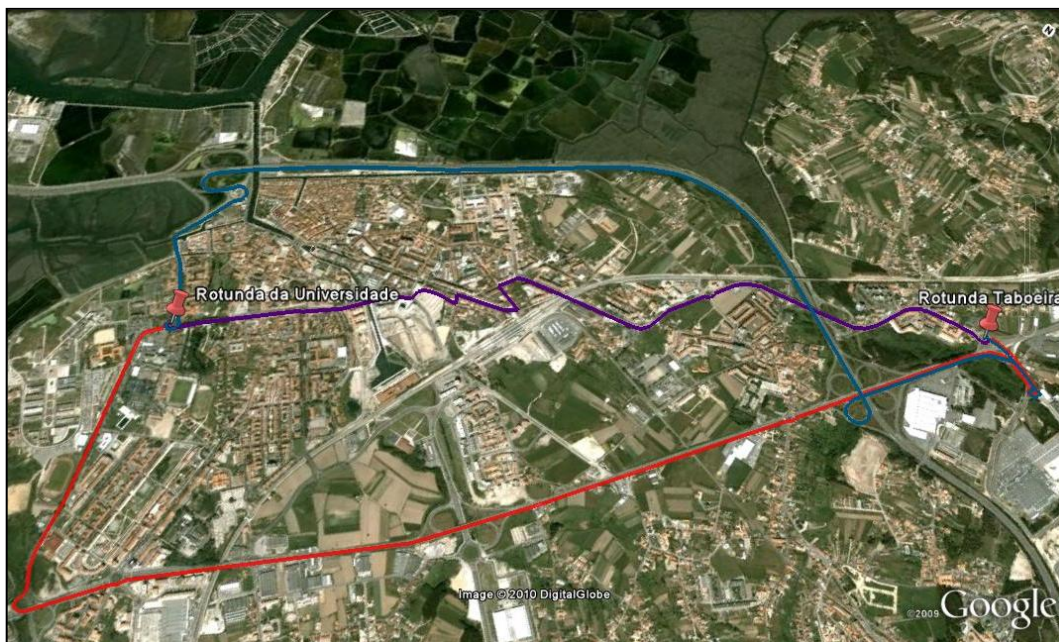


Figura 10: Ilustração dos conjuntos de trajectos em circuito urbano de Aveiro (Google Inc., 2010).

Ainda em relação aos pontos de partida e de chegada, a sua selecção foi realizada tendo por base dois princípios básicos:

- A localização dos pontos em extremos opostos da cidade, possibilitando assim a travessia da zona central de Aveiro;
- O fácil acesso a partir daquelas localizações às vias principais de tráfego automóvel em Aveiro (N109 e A25);

Os parágrafos seguintes servem de introdução aos diferentes percursos do CUA, salientando os seus traços mais distintivos. Nos Anexos I a III são apresentados quadros que caracterizam os diferentes percursos através do conjunto de critérios enunciados em **3.3.1.** .

No que diz respeito ao primeiro trajecto, designado de CUA T1 (distância média de 6,4 km), este toma como via principal a auto-estrada A25, meio de acesso privilegiado à cidade. No entanto, pode também servir de itinerário a deslocações entre zonas relativamente distantes dentro do perímetro urbano. Outras características relevantes de CUA T1 são:

- a) Cerca de 56% do percurso em auto-estrada (A25), sendo a restante distância percorrida em estrada urbana/rural para efectuar ligação aos pontos de partida e de chegada;
- b) Trata-se, em média, do trajecto mais longo em termos de quilometragem (mais 5% face a CUA T2 e 51% em relação a CUA T3);
- c) Em função da forte presença da componente de auto-estrada, permite circular a velocidades máxima superiores (até 120 km/h);

- d) A larga maioria do trajecto realiza-se com duas vias disponíveis para circulação;
- e) Ao nível das intersecções, o número total de ocorrências não difere significativamente das opções concorrentes.

Quanto ao segundo trajecto escolhido, CUA T2 (distância média de 6,1 km), prevê-se a utilização da estrada nacional N109 como via de referência. Não sendo propriamente um trajecto totalmente urbano, esta opção constitui uma alternativa de perfil intermédio face às outras duas opções. O interesse do seu estudo relaciona-se com o facto de a via de referência (N109) ser bastante concorrida na base diária, quer para deslocações de carácter local, quer para viagens para localidades vizinhas. Alguns traços distintivos a ter em conta em relação a CUA T2 são:

- a) Maior número de vias de aceleração e desaceleração (entradas e saídas) na via principal face às concorrentes;
- b) Velocidades máximas variantes entre 50 e 70 km/h, favorável face a CUA T3 mas inferiores em relação à generalidade de CUA T1;
- c) Percurso com distância intermédia entre as registadas para os percursos alternativos, embora aproximando-se de CUA T1;
- d) Pese embora seja um percurso essencialmente urbano/rural, dispõe quase sempre de duas vias para circulação num dado sentido.

Finalmente, o último trajecto, CUA T3 (distância média de 4,2 km), procura representar o trajecto citadino típico, percorrendo ruas e avenidas diversas dentro de Aveiro. Também esta opção apresenta particularidades a realçar, nomeadamente:

- a) Trata-se, de longe, do trajecto mais curto, contabilizando-se cerca de 2/3 da distância face a CUA T1;
- b) Revela-se como o percurso com maior densidade de sinalização e intersecções entre as três alternativas;
- c) Em função da circulação em meio urbano, é também aquele que regista maior presença de sinalização luminosa;
- d) Os limite de velocidade não ultrapassa os 50 km/h ao longo do percurso;

3.3.3. Circuito Aveiro - Porto

A simulação do Circuito Aveiro - Porto (CAP) considera a realização de quatro alternativas interligando a Rotunda da Universidade (**Figura 8**) e a Rotunda do Amial (**Figura 11**). À semelhança do sublinhado para o Circuito Urbano de Aveiro (CUA), frise-se que todos os trajectos foram realizados e testados em ambos os sentidos.



Figura 11: Rotunda do Amial.

A selecção da Rotunda do Amial como ponto de referência no Porto, justifica-se pelo facto de se situar sensivelmente a meio da VCI entre a Ponte do Freixo e a Ponte da Arrábida. Estas duas pontes são meios de acesso ao Porto que se pretendem utilizar nos trajectos a simular. Assim, esta Rotunda constitui-se como um ponto de chegada equilibrado para os diferentes trajectos a simular.

O primeiro trajecto a estudar, designado de CAP T1 (distância média de 76,8 km), toma como via essencial a A1, a auto-estrada mais extensa e relevante do país. A A25 serve de via complementar de acesso à A1 a partir de Aveiro, o que implica que quase todo o trajecto (aproximadamente 91%) é efectivamente realizado em auto-estrada. Esta característica traduz-se numa série de singularidades específicas na maior parte da realização de CAP T1:

- a) Velocidade limite de 120 km/h;
- b) Mínimo de 2 e 3 vias de circulação na maior parte do trajecto;
- c) Bom estado de conservação do pavimento;
- d) Inexistência praticamente total de circulação pedonal ao longo do percurso;
- e) Limitação quase total de estacionamento em situação irregular e em 2ª fila.

Em contrapartida às aparentes vantagens assinaladas, deve ser referido que este é o único trajecto que implica custos de circulação (portagens) no valor total de 3,15€.

Alternativamente, considerou-se outro trajecto tendo por base a auto-estrada A29, CAP T2 (distância média de 76,6 km), cujo percurso é praticamente paralelo ao da A1, sendo uma opção muito utilizada fundamentalmente devido ao facto de, em oposição àquela, não comportar custos de portagem. Além desta questão da portagem, existem ainda outras características distintivas da A29 face à A1, nomeadamente:

- a) Zonas consideráveis de limite de velocidade de 100 km/h, principalmente em zonas próximas à cidade do Porto;
- b) Menor qualidade de conservação do pavimento;
- c) Redução do número de vias disponíveis para circulação;
- d) Maior quantidade de vias de aceleração e desaceleração na Auto Estrada;

Paralelamente às A1 e A29, foram estudadas alternativas em estradas nacionais, respectivamente N1 (CAP T3) e N109 (CAP T4). Quanto a CAP T3 (distância média 87,3 km), é importante realçar que contempla uma parte importante de percurso em auto-estrada (cerca de 34%), o que se justifica para interligar Aveiro à N1 (através da A25) e esta à VCI (através da A1). Este é, aliás, um traço distintivo importante, até face a CAP T4, e que tem interesse em termos de análise de resultados. Outros aspectos distintivos de CAP T3 incluem:

- a) Trata-se do percurso mais longo, com cerca de mais 10 km face às opções concorrentes;
- b) Apresenta uma quantidade de intersecções e rampas muito superior aos dois primeiros trajectos, principalmente em função da passagem por diversas localidades;
- c) A densidade de tráfego é, em determinadas alturas, intensa, o que limita a velocidade de circulação até em função da existência de uma só via de circulação, limitando a probabilidade de ultrapassagem;
- d) Apesar da maior parte do trajecto se efectuar em estrada nacional, o pavimento considera-se em estado de conservação bastante aceitável, melhor do que na maioria das estradas nacionais típicas (incluindo a N109);

Finalmente o trajecto CAP T4 (distância média de 75,5 km) apresenta-se também bastante singular, evitando ao máximo a utilização de qualquer troço em auto-estrada, género de via que representa somente aproximadamente 3% do total do percurso. Isso terá óbvias implicações ao nível do tempo de viagem, permitindo uma caracterização diferente deste percurso:

- a) Limitação legal da velocidade a máximos de 50/70 km/h durante cerca de 90% da extensão do percurso;
- b) Maior percentagem de percurso realizada com uma vizinhança residencial, industrial e/ou comércio e serviços;
- c) Trajecto com maior quantidade de intersecções e vias de aceleração / desaceleração, representando cerca de mais 50% do que a alternativa CAP T3;
- d) Trajecto mais perto da costa, sujeito a menores variações de cota (logo menores inclinações) ao longo de quase toda a sua extensão.

As diferentes alternativas podem ser visualizadas na **Figura 12**. De resto, os Anexos IV a VII fornecem informações mais específicas acerca de cada um dos quatro percursos em análise.

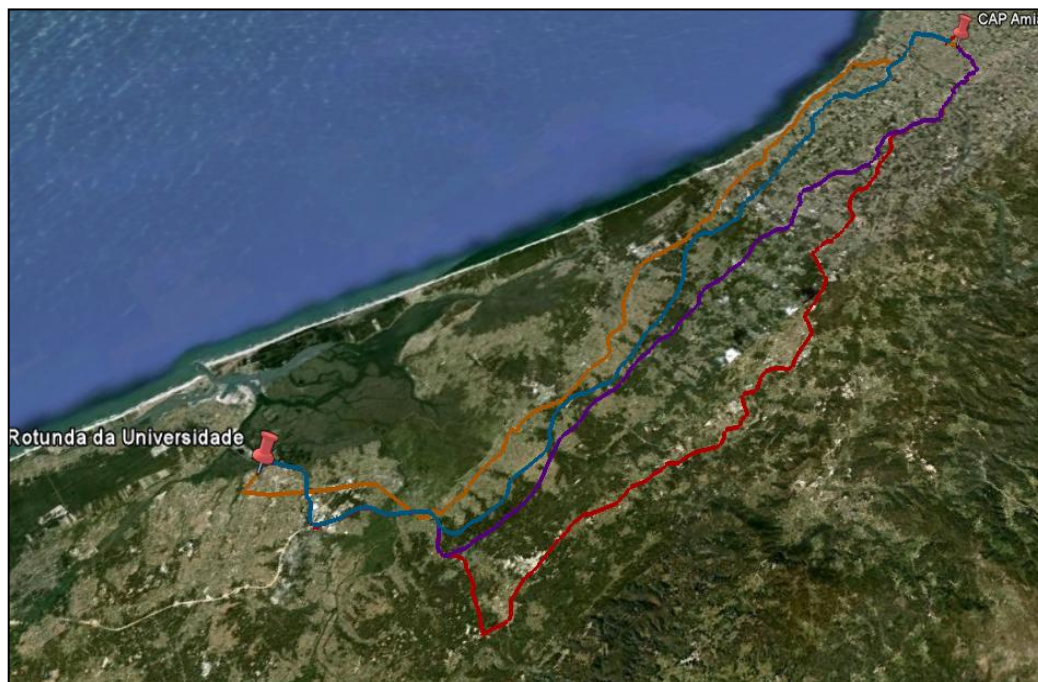


Figura 12: Ilustração dos conjuntos de trajectos entre Aveiro e Porto (Google Inc., 2010).

3.4. Transferência e Tratamento de Dados

A transferência de dados processa-se a partir do dispositivo GPS apresentado em **3.1.** para um computador. Para o efeito, é utilizado um software apropriado (disponibilizado pelo fornecedor do *GPS MobPharos*) que permite não só a migração dos dados a partir do GPS como a gravação de um ficheiro *.txt* com os dados recolhidos. Neste ficheiro *.txt*, a cada linha correspondem um conjunto de dados (coordenadas, altitude e velocidade) recolhidos segundo a segundo pelo equipamento.

A informação constante dos ficheiros *.txt* deve ser trabalhada de forma a obter indicadores importantes para os objectivos desta Dissertação. A melhor forma de realizar esse trabalho passa por abrir de forma inteligível os ficheiros *.txt* em formato *.csv* (vulgo Excel). Portanto, para todos os dias de testes efectuados, é criado um ficheiro *.csv* com campos (colunas) dedicadas a variáveis específicas, a saber:

- Trajecto: Identificação do trajecto em questão (exemplo: CUA T1, CAP T2);
- Direcção: Identificação do sentido em que realizou o teste (exemplo: UA - Tab, Amial - UA);
- Data e Hora;
- Latitude;

- Longitude;
- Altitude (m) - h_i (m) ;
- Velocidade Instantânea (km/h) - v_i (km/h);
- Velocidade Instantânea (m/s) - v_i (m/s);
- Aceleração Instantânea (m/s²) - a_i (m/s²);
- Variação de Cota (m) - Δh_i (m);
- Inclinação;

Naturalmente que uma parte dos dados são recolhidos directamente do processo de monitorização, embora os resultados constantes em muitos campos resultem já da aplicação de fórmulas específicas. As fórmulas aplicadas, com excepção das utilizadas para cálculo do VSP, Modo VSP e emissões instantâneas de CO₂, CO, NOx e HC (que surgem clarificadas em 3.5.), são listadas de seguida:

$$v_i \text{ (m/s)} = v_i \text{ (km/h)} \times 1000/3600 \quad [1]$$

$$a_i \text{ (m/s}^2\text{)} = (v_i - v_{i-1})/\Delta t, \text{ onde } \Delta t = 1s \quad [2]$$

$$\Delta h_i \text{ (m)} = (h_i - h_{i-1}) \quad [3]$$

$$\text{Inclinação} = \Delta h_i / \Delta x \text{ (m)} \quad [4]$$

Paralelamente à criação destes ficheiros diários, foram sendo constituídos outros ficheiros .csv dedicados a cada um dos trajectos em análise tanto para CUA como para CAP. Este últimos ficheiros .csv têm como objectivo reunir a informação das várias simulações relativas a um dado trajecto num único documento. Por conseguinte, os ficheiros .csv dedicados a cada trajecto, reúnem todas as simulações para esse trajecto em qualquer dos sentidos e, além disso, tratam a informação reunida. No fim do tratamento da informação, devem ser obtidos dados de saída específicos de cada simulação, como sejam:

- Duração Total do Percurso;
- Velocidade Média Registada;
- Emissões Totais de Poluentes (CO₂, CO, NOx, HC);
- Emissões de Poluentes por km (CO₂, CO, NOx, HC);
- Emissões Acumuladas de Poluentes (CO₂, CO, NOx, HC);
- Consumo de Combustível (g/s);
- Perfis de Velocidade/Emissões de Poluentes;
- Perfis de Aceleração/Emissões de Poluentes;
- Perfis de Inclinação/Emissões de Poluentes;
- Gráfico de Emissões Acumuladas de Poluentes;

3.5. Metodologia VSP

A explanação da metodologia VSP segue, no essencial, os trâmites definidos em NCSU (2002), documento de referência para a referida metodologia. Os testes apresentados nesse documento tiveram como base viaturas a gasolina pertencentes ao mercado automóvel Norte-Americano.

O primeiro passo desta metodologia foca-se no cálculo de um valor de potência específica do veículo (VSP), a qual é calculada como função da velocidade, aceleração e inclinação na estrada. A relação matemática que estabelece a relação entre estas variáveis é:

$$VSP = v[1,1a + 9,81 \times \sin(\arctan(\text{grade})) + 0,132] + 0,000302v^3 \quad [5]$$

- VSP - Potência específica do veículo (kW/ton);
- v - Velocidade instantânea (m/s);
- a - Aceleração instantânea (m/s^2);
- grade - Inclinação instantânea da estrada ($\pm\%$);

Os termos englobados na equação representam as necessidades de potência do motor em termos de energia cinética, inclinação da estrada, atrito ao movimento e aerodinâmica (Coelho, Frey et al., 2009). Por outro lado, estes coeficientes presentes na equação de cálculo do VSP são específicos para dados obtidos a bordo da viatura. A estimativa do VSP é função do peso da viatura e das variáveis medidas para cada viatura considerada individualmente.

NCSU (2002) explora a relação entre o VSP e as emissões. Para cada poluente (HC, NOx, CO e CO₂) em particular, é estabelecida uma relação entre o valor de VSP e a emissão em gramas por segundo de um dado poluente (**Figura 13 a Figura 16**).

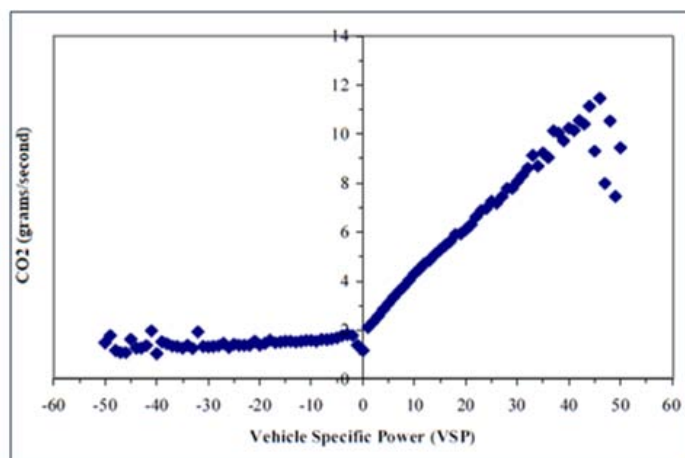


Figura 13: Relação entre valores VSP e emissões CO₂ (NCSU, 2002).

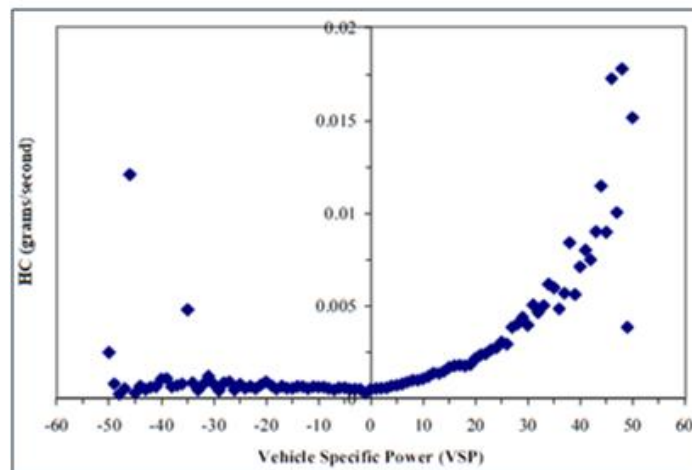


Figura 14: Relação entre valores VSP e emissões HC (NCSU, 2002).

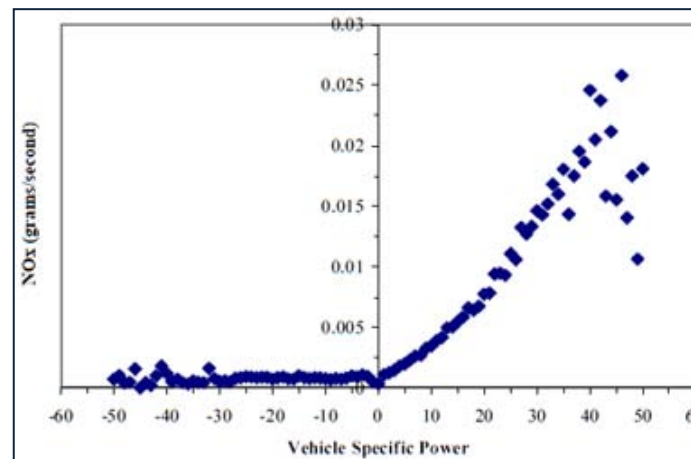


Figura 15: Relação entre valores VSP e emissões NO_x (NCSU, 2002).

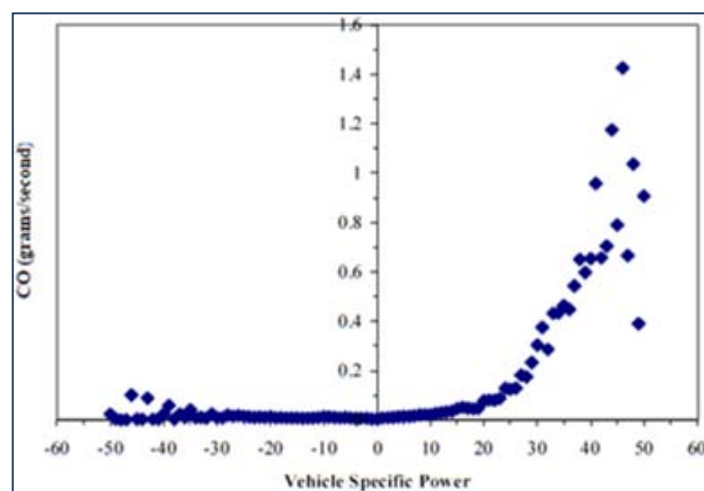


Figura 16: Relação entre valores VSP e emissões CO (NCSU, 2002).

Conforme é perceptível nas figuras prévias, os valores VSP são tipicamente agrupados em combinações 1 kW/ton desde -50 a +50. A partir da mesma observação gráfica, é possível distinguir três tendências fundamentais:

- As emissões de qualquer um dos quatro poluentes aumenta para valores VSP positivos;
- As emissões dos poluentes tendem a ser muito baixas para valores VSP negativos e tendem a aumentar com VSP positivo;
- Para valores de VSP muito elevados ($VSP > 45$) regista-se uma aparente diminuição de CO_2 e de NO_x .

O segundo passo da metodologia VSP, procura enquadrar os valores VSP registados (-50 a +50) em modos, através do seguinte critério chave:

- Cada modo deve ter uma taxa de emissão média significativamente diferente em termos estatísticos face aos outros modos;

Por conseguinte, em função dos critérios estabelecidos, os modos VSP foram definidos conforme estabelecido no **Quadro 12** Quadro 12: Modos VSP (NCSU, 2002). De sublinhar que os modos foram delimitados de forma semelhante para todos os poluentes. De forma a aplicar o método VSP, deverá ser conhecido um perfil de velocidade segundo a segundo e estar registada informação sobre a inclinação da estrada. Cada VSP calculado numa base de segundo a segundo e o correspondente consumo de combustível e ainda as taxas de emissão foram categorizados em 14 modos discretos:

Quadro 12: Modos VSP (NCSU, 2002)

| Modo VSP | Definição |
|----------|--------------------|
| 1 | $VSP < -2$ |
| 2 | $-2 \leq VSP < 0$ |
| 3 | $0 \leq VSP < 1$ |
| 4 | $1 \leq VSP < 4$ |
| 5 | $4 \leq VSP < 7$ |
| 6 | $7 \leq VSP < 10$ |
| 7 | $10 \leq VSP < 13$ |
| 8 | $13 \leq VSP < 16$ |
| 9 | $16 \leq VSP < 19$ |
| 10 | $19 \leq VSP < 23$ |
| 11 | $23 \leq VSP < 28$ |
| 12 | $28 \leq VSP < 33$ |
| 13 | $33 \leq VSP < 39$ |
| 14 | $39 \leq VSP$ |

Deve ser salientado que os valores de VSP negativos são típicos de desacelerações ou de percursos em descida. Por outro lado, o modo 3 inclui as emissões aquando de situações de paragem e/ou velocidade constante, ao passo que os modos de 4 a 14 indicam valores linearmente crescentes de VSP. Este facto justifica taxas de emissão superiores nos dois primeiros modos face ao modo 3, conforme observaremos mais adiante. De um modo geral, os valores elevados de VSP registam-se na sequência da combinação mais ou menos complexa dos seguintes factores: velocidade elevada, forte aceleração e subida acentuada.

Em terceiro lugar, é possível estimar, para qualquer um dos poluentes e para cada um dos modos 1 - 14 considerados, uma taxa de emissão média modal. Essas estimativas são apresentadas, de seguida, desde a **Figura 17** à **Figura 20** para veículos ligeiros a gasolina.

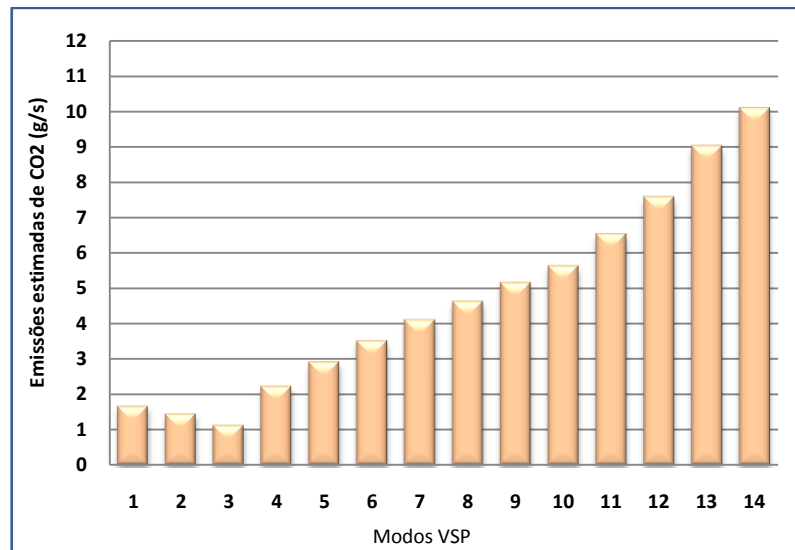


Figura 17: Taxas de emissão média modal para CO₂ em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002).

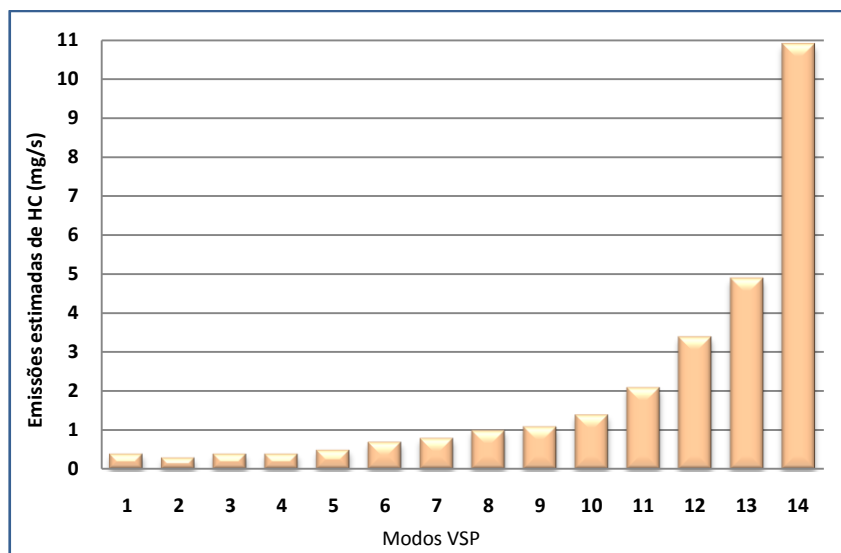


Figura 18: Taxas de emissão média modal para HC em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002).

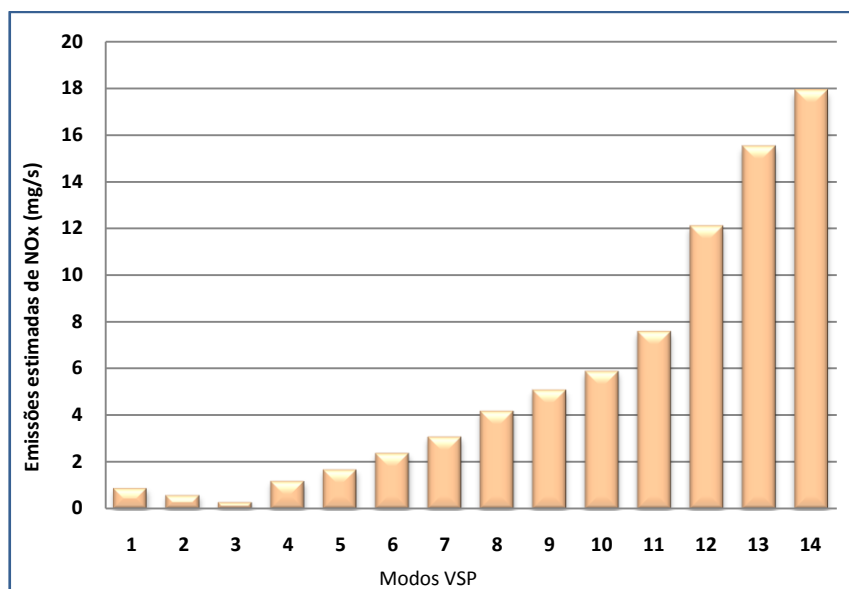


Figura 19: Taxas de emissão média modal para NO_x em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002).

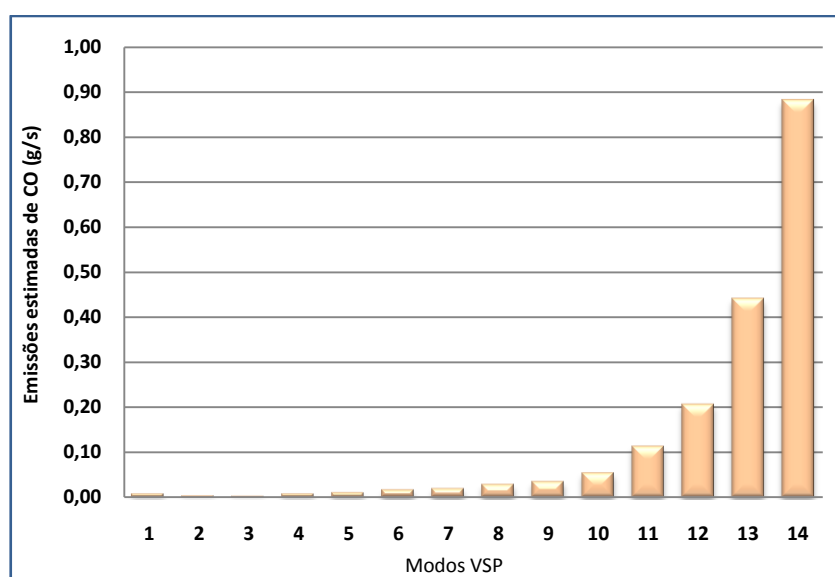


Figura 20: Taxas de emissão média modal para CO em viatura gasolina com cilindrada inferior a 3,5 L (NCSU, 2002).

A conclusão que resulta da observação gráfica é de que as taxas de emissão médias modais são significativamente diferentes entre os quatro poluentes. Porém, em qualquer caso, as taxas médias modais para os dois primeiros modos, modo 1 e modo 2, são em média superiores às taxas médias registadas para o modo 3. Para os modos VSP compreendidos entre 4 e 14, regista-se um aumento de emissões para todos os poluentes. Especificamente para o CO, a amplitude das emissões médias modais, quando comparando os

modos 4 e 14, é de mais de duas ordens de grandeza. Pode ser realizada uma análise semelhante para NO_x, HC e CO₂, verificando-se uma amplitude (para os mesmos modos 4 a 14) entre uma a duas ordens de grandeza.

Dado que os poluentes respondem de forma diferente à actividade capturada por cada modo, entendeu-se necessária a constituição de catorze modos, procurando garantir que nenhum modo individual representa mais do que aproximadamente 10% das emissões de qualquer poluente. Deve ser ressalvado que a proporção de emissões em cada modo é condicionada pela base de dados utilizada para estimar as taxas modais de emissões.

Um aspecto muito importante a ressaltar é o de que a determinação de taxas médias modais para veículo diesel são excluídos de NCSU (2002). Porém, Coelho *et al.* (2009) apresentam uma quantificação para estas mesmas taxas, as quais servem de base aos modos 1 a 11 (**Figura 21** a **Figura 24**). Na mesma bibliografia, os valores obtidos para viaturas diesel não contemplam os modos 12 a 14. Segundo os autores, tal fica a dever-se ao facto do tamanho das amostras correspondentes a taxas de emissão incluídas nesses modos ser muito pequena, o que torna um eventual valor de taxa média de emissão pouco fiável.

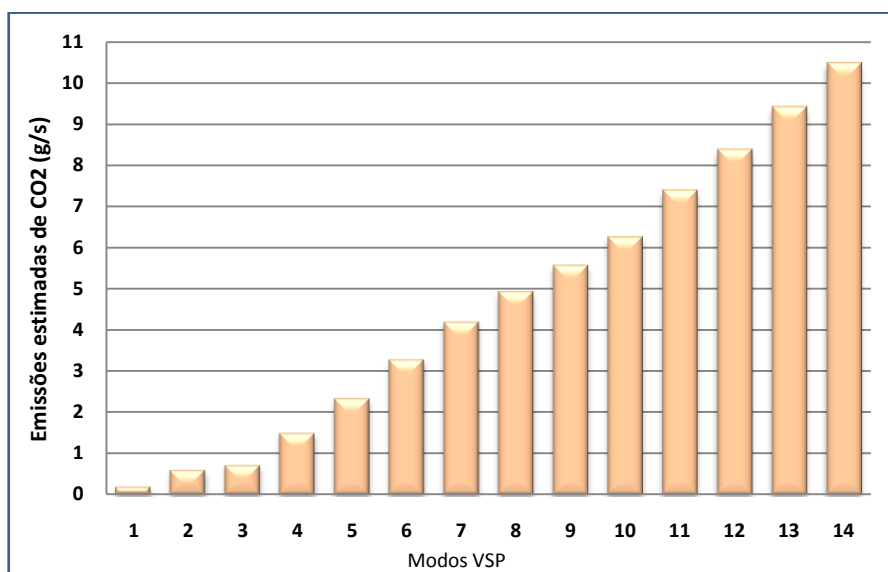


Figura 21: Taxas de emissão média modal para CO₂ para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho *et al.* 2009).

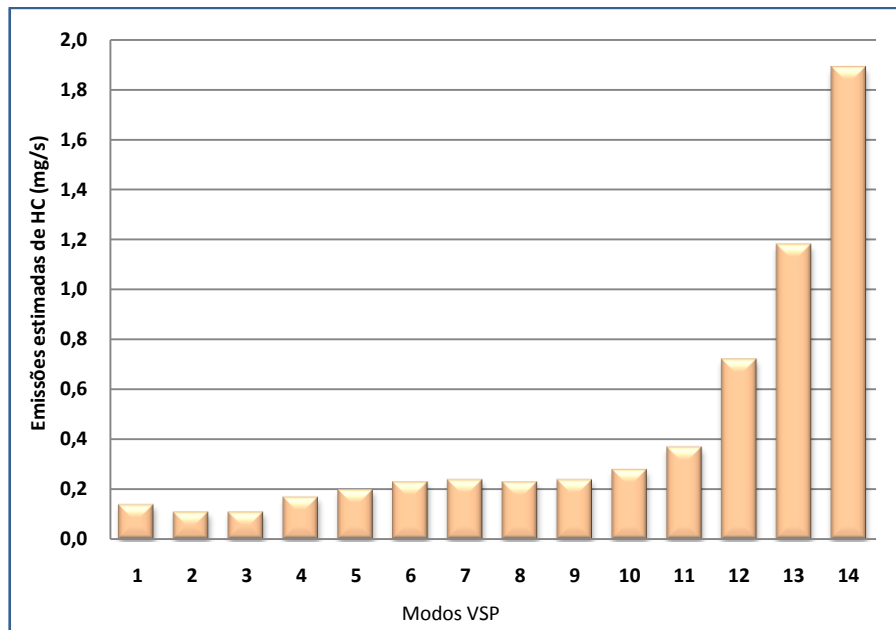


Figura 22: Taxas de emissão média modal para HC para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho *et al.* 2009).

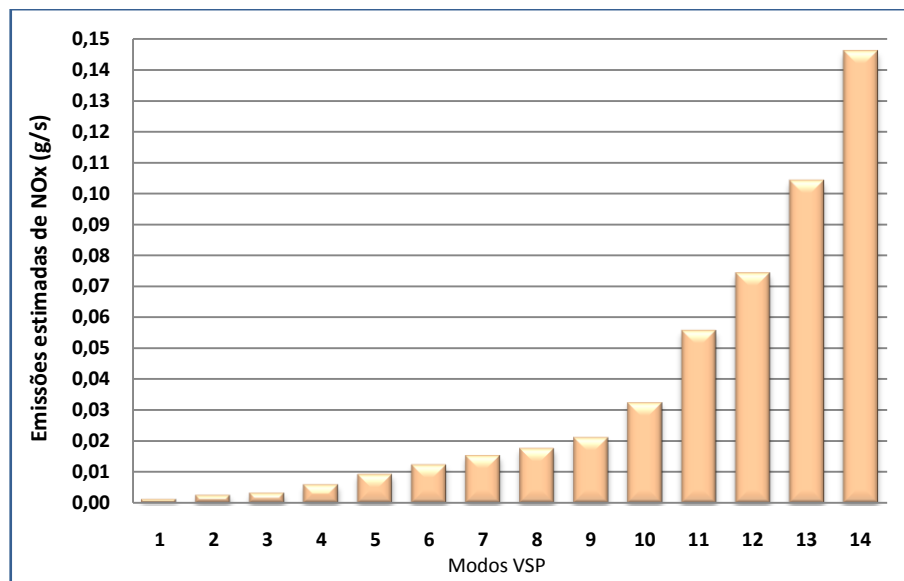


Figura 23: Taxas de emissão média modal para NO_x para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho *et al.* 2009).

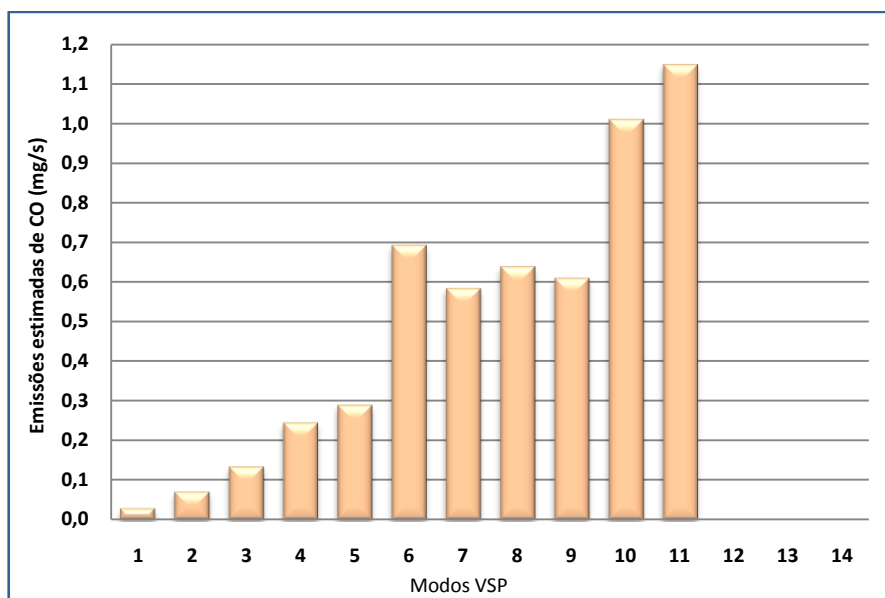


Figura 24: Taxas de emissão média modal para CO para Skoda Octavia TDI 1.9 (Coelho *et al.* 2009).

Da observação das figuras anteriores, ficam expressas não só as emissões estimadas pela referências citadas, como o resultado de um extrapolação realizada para os modos 12 a 14. Essa extrapolação foi considerada válida para todos os poluentes, com excepção do CO, o qual apresenta uma variação demasiado irregular em função da velocidade. Neste sentido, foram realizadas diversas simulações de regressões com vista a obter uma equação e uma linha de tendência para o CO, tendo sido seleccionadas as equações com base na exactidão por elas oferecida. O **Quadro 13** expõe as equações consideradas mais ajustadas no âmbito desta extrapolação.

Quadro 13: Equações para extrapolação emissão de poluentes via VSP para veículos a gasóleo.

| Poluente | Equação | Exactidão (R^2) |
|-----------------|---|---------------------|
| CO ₂ | $y = 0,0216x^2 + 0.4844x - 0,5334$ | 0,9924 |
| NO _x | $y = 0,0013 e^{0,3372x}$ | 0,9689 |
| HC | $Y = 4 \times 10^{-7} x^4 - 9 \times 10^{-6} x^3 + 7 \times 10^{-5} x^2 - 0,0002x + 0,0003$ | 0,9943 |

No Anexo VIII é disponibilizada informação complementar à apresentada neste ponto do relatório, especificamente os valores tabelados que serviram de base aos gráficos ostentados, bem como os gráficos com respectivas linhas de tendência afectos ao CO₂, NO_x e HC.

No enquadramento desta Dissertação, a avaliação das emissões de poluentes deve ser realizada considerando individualmente cada poluente em cada percurso dos casos de estudo enunciados. Assim, e sendo o VSP calculado numa base de segundo a segundo, a emissão total num dado percurso é dada pelo somatório dessas emissões segundo a segundo:

$$E_{ij} = \sum_{n=0}^N e_{ijn} \quad [6]$$

- E_{ij} - Emissão total do poluente i no percurso j (g);
- e_{ijn} - Emissão do poluente i no percurso j no instante n ;

3.6. Sistema de Classificação de Percursos

No decurso da fase de monitorização experimental desta Dissertação, surgiu a ideia de constituir um sistema de classificação relativa dos percursos. Em traços gerais, este sistema permitirá comparar os percursos estudados em diversas vertentes.

A primeira questão que merece ser objecto de análise é a de saber quais as categorias que devem ser parte da avaliação. De modo a tornar esta classificação tão realista quanto possível, a escolha das categorias deve ser feita levando em consideração essencialmente os factores fundamentais à escolha do utilizador. Assim, foram consideradas as seguintes categorias:

- a) Tempo de Percurso (TP_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (mais lento) e 5 estrelas (mais rápido);
- b) Distância Total (D_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (mais longo) e 5 estrelas (mais curto);
- c) Emissões Totais de CO_2 (E_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (mais poluente) e 5 estrelas (menos poluente);
- d) Variabilidade de Tempo de Percurso (VTP_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (maior variabilidade de tempo de percurso) e 5 estrelas (menor variabilidade de tempo de percurso);
- e) Variabilidade de Velocidade Média (VVM_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (maior variabilidade de velocidade média) e 5 estrelas (menor variabilidade de velocidade média);
- f) Variabilidade de Emissões de CO_2 (VE_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (maior variabilidade de emissões de CO_2) e 5 estrelas (menor variabilidade de emissões de CO_2);
- g) Singularidades (S_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (maior quantidade) e 5 estrelas (menor quantidade) de singularidades na via, entendidas como intersecções, rampas e rotundas;

- h) Conservação (C_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (pior estado) e 5 estrelas (melhor estado);
- i) Incidentes (I_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (maior quantidade) e 5 estrelas (menor quantidade) de incidentes na via, especificamente no que toca a acidentes, obras e estacionamento ilegal;
- j) Custo (CT_{xy}): atribuída classificação relativa compreendida entre 0 estrelas (mais barato) e 5 estrelas (mais caro);

Seguidamente, serão expostos de forma mais rigorosa os critérios que originam a classificação nas diferentes categorias. Como princípio base, excepto para os incidentes (I_{xy}), em qualquer das restantes categorias, é atribuída classificação mínima (valor 0) ao percurso mais desfavorável e classificação máxima (valor 1) ao percurso mais benéfico. Aos restantes percursos são outorgadas classificações compreendidas entre 0 e 1 conforme o seu grau de proximidade em relação aos percursos extremos, o que matematicamente resultará em equações que são, para cada percurso, uma interpolação entre o percurso mais favorável e o percurso mais desfavorável. A estas classificações quantitativas obtida entre 0 e 1 faz-se corresponder uma segunda classificação (qualitativa) entre 0 e 5 estrelas, cujas relações se expõem no **Quadro 14**.

Quadro 14: Relação entre classificações quantitativa e qualitativa para os percursos.

| Classificação Quantitativa | Classificação Qualitativa |
|----------------------------|---------------------------|
| 0,00 | 0 estrelas |
| 0,00 a 0,25 | 1 estrela |
| 0,25 a 0,50 | 2 estrelas |
| 0,50 a 0,75 | 3 estrelas |
| 0,75 a 1,00 | 4 estrelas |
| 1,00 | 5 estrelas |

Assim, as equações que regem as classificações quantitativas a atribuir são:

$$TP_{xy} = 1 - (t_{xy} - t_{rap}) / (t_{len} - t_{rap}) \quad [7]$$

- TP_{xy} - Classificação do tempo de percurso do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- t_{xy} - Tempo médio registado nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y ;
- t_{rap} - Tempo médio registado nas monitorizações para percorrer o trajecto/sentido mais rápido;

- t_{len} - Tempo médio registado nas monitorizações para percorrer o trajecto/sentido mais lento;

$$D_{xy} = 1 - (d_{xy} - d_{cur}) / (d_{com} - d_{cur}) \quad [8]$$

- D_{xy} - Classificação da distância do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- d_{xy} - Distância relativa ao trajecto x no sentido y ;
- d_{cur} - Distância relativa ao trajecto/sentido mais curto;
- d_{com} - Distância relativa ao trajecto/sentido mais comprido;

$$E_{xy} = 1 - (e_{xy} - e_{min}) / (e_{max} - e_{min}) \quad [9]$$

- E_{xy} - Classificação das emissões de CO₂ do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- e_{xy} - Emissões totais médias de CO₂ registadas nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y ;
- e_{max} - Emissões totais médias de CO₂ máximas registadas nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;
- e_{min} - Emissões totais médias de CO₂ mínimas registadas nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;

$$vTP_{xy} = \sigma_{TP,xy} \times t / (N_{xy}^{0,5}) \quad [10]$$

- vTP_{xy} - Variabilidade quanto aos tempos de percurso registados nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y , calculada com base num intervalo de confiança de 95%;
- $\sigma_{TP,xy}$ - Desvio-padrão dos tempos de percurso relativos às monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y ;
- t - Distribuição de t -student;
- N_{xy} - Dimensão da amostra, ou seja, número de monitorizações realizadas no trajecto x no sentido y ;

$$VTP_{xy} = 1 - (vTP_{xy} - vTP_{min}) / (vTP_{max} - vTP_{min}) \quad [11]$$

- VTP_{xy} - Classificação quanto à variabilidade de tempo de percurso do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- vTP_{xy} - Variabilidade quanto aos tempos de percurso registados nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y , calculada com base num intervalo de confiança de 95%;

- vTP_{max} - Variabilidade máxima quanto ao tempo de percurso registado nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;
- vTP_{min} - Variabilidade mínima quanto ao tempo de percurso registado nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;

$$vVM_{xy} = \sigma_{VM,xy} \times t / (N_{xy}^{0,5}) \quad [12]$$

- vVM_{xy} - Variabilidade quanto às velocidade médias registadas nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y , calculada com base num intervalo de confiança de 95%;
- $\sigma_{VM,xy}$ - Desvio-padrão das velocidades médias relativas às monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y ;
- t - Distribuição de t -student;
- N_{xy} - Dimensão da amostra, ou seja, número de monitorizações realizadas no trajecto x no sentido y ;

$$VVM_{xy} = 1 - (vVM_{xy} - vVM_{min}) / (vVM_{max} - vVM_{min}) \quad [13]$$

- VVM_{xy} - Classificação quanto à variabilidade de velocidade média do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- vVM_{xy} - Variabilidade quanto às velocidade médias registadas nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y , calculada com base num intervalo de confiança de 95%;
- vTP_{max} - Variabilidade máxima quanto à velocidade média registada nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;
- vTP_{min} - Variabilidade mínima quanto à velocidade média registada nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;

$$vE_{xy} = \sigma_{E,xy} \times t / (N_{xy}^{0,5}) \quad [14]$$

- vE_{xy} - Variabilidade quanto às emissões de CO₂ registadas nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y , calculada com base num intervalo de confiança de 95%;
- $\sigma_{E,xy}$ - Desvio-padrão das emissões de CO₂ relativas às monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y ;
- t - Distribuição de t -student;
- N_{xy} - Dimensão da amostra, ou seja, número de monitorizações realizadas no trajecto x no sentido y ;

$$VE_{xy} = 1 - (vE_{xy} - vE_{min}) / (vE_{max} - vE_{min}) \quad [15]$$

- VE_{xy} - Classificação quanto à variabilidade de emissões de CO₂ do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- vE_{xy} - Variabilidade quanto às emissões de CO₂ registadas nas monitorizações para percorrer o trajecto x no sentido y , calculada com base num intervalo de confiança de 95%;
- vE_{max} - Variabilidade máxima quanto às emissões de CO₂ nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;
- vE_{min} - Variabilidade mínima quanto às emissões de CO₂ nas monitorizações para percorrer um dado trajecto/sentido;

$$S_{xy} = (s_{xy} - s_{max}) / (s_{min} - s_{max}) \quad [16]$$

- S_{xy} - Classificação quanto à existência de intersecções, rampas e rotundas no trajecto x no sentido y ;
- s_{xy} - Número de intersecção, rampas e rotundas do trajecto x no sentido y ;
- r_{max} - Número máximo de intersecções, rampas e rotundas num dos trajectos monitorizados;
- r_{min} - Número mínimo de intersecções, rampas e rotundas num dos trajectos monitorizados;

A classificação relativa às conservação (C_{xy}) e incidentes (I_{xy}) segue uma lógica distinta face às categorias previamente apresentadas. Nestes dois casos específicos, as classificações resultam de uma ponderação das classificações dos troços que compõem o trajecto face à distância de cada um dos próprios troços na totalidade do trajecto. Assim, quanto ao estado de conservação, a cada troço do trajecto é atribuída uma classificação qualitativa (**Quadro 15**) que resulta das observações e vídeos realizados no decurso das monitorizações.

$$CV_{xy} = (\sum_{a=0}^N (cv_{xy,a} \times d_{xy,a})) / d_{xy} \quad [17]$$

- CV_{xy} - Classificação quanto à qualidade do pavimento do trajecto x no sentido y (0 a 10);
- $cv_{xy,a}$ - Classificação quanto à qualidade do pavimento do trajecto x no sentido y no troço a (**Quadro 15**);
- $d_{xy,a}$ - Distância relativa ao troço a do trajecto x no sentido y ;
- d_{xy} - Distância relativa ao trajecto x no sentido y ;

Quadro 15: Classificações para o pavimento do troços dos percursos.

| Classificação Qualitativa | Classificação Quantitativa ($CV_{xy,a}$) |
|---------------------------|--|
| Insuficiente | 0,00 |
| Aceitável | 3,33 |
| Bom | 6,66 |
| Muito Bom | 10,00 |

$$C_{xy} = (CV_{xy} - CV_{min}) / (CV_{max} - CV_{min}) \quad [18]$$

- C_{xy} - Classificação relativa quanto à qualidade do pavimento do trajecto x no sentido y (0 a 1);
- CV_{xy} - Classificação quanto à qualidade do pavimento do trajecto x no sentido y (0 a 10);
- CV_{max} - Melhor classificação quanto à qualidade do pavimento do trajecto x no sentido y (0 a 10);
- CV_{min} - Pior classificação quanto à qualidade do pavimento do trajecto x no sentido y (0 a 10);

No que se refere aos incidentes (I_{xy}), tendo em conta a natureza do conjunto de elementos que se inserem nesta categoria (acidentes, obras e estacionamento ilegal) e que não se dispõe de informação concreta em relação às mesmas, a classificação a atribuir resulta da sensibilidade do autor no decurso da análise das monitorizações.

Finalmente, no que se refere à vertente de custos (CT_{xy}), considera-se que estes são devidos essencialmente ao consumo de combustível. A excepção regista-se para o trajecto CAP T1, nos quais também se considera o custo de portagem da A1 (no valor de 3,15€). O consumo de combustível é estimado partir das emissões de CO_2 estimadas no decurso desta Dissertação, recorrendo à metodologia COPERT proposta em Gkatzoflias, Kouridis et al. (2007). Desta forma, para cálculo do consumo de combustível no decurso de um determinado trajecto, deve-se considerar:

$$CC_{xy} = \sum_{a=0}^N C_{INST,xy} \quad [19]$$

- CC_{xy} - Consumo de combustível de um trajecto x no sentido y (g);
- $C_{INST,xy}$ - Consumo instantâneo de combustível ao longo de um trajecto x no sentido y (g/s);

$$C_{INST,xy} = (12,011 + 1,008 \times r_{H:C} + 16,000 \times r_{O:C}) \times EM_{CO_2,xy} / 44,011 \quad [20]$$

- $C_{INST,xy}$ - Consumo instantâneo de combustível ao longo de um trajecto x no sentido y (g/s);
- $EM_{CO_2,xy}$ - Emissão de CO_2 (g/s);
- $r_{O:C}$ - relação entre os átomos de oxigénio e de carbono presentes no combustível considerado;
- $r_{H:C}$ - relação entre os átomos de hidrogénio e de carbono presentes no combustível considerado;

Uma vez determinada a quantidade de combustível utilizada em cada viagem, o cálculo do custo é efectuado com base nos preços de referência de mercado, passíveis de serem verificados em DGGE (2010). No âmbito deste trabalho, foi considerado o preço de 1,170 €/l para o gasóleo e 1,399 €/l para a gasolina.

4. Resultados e Discussão

A análise dos resultados obtidos pode-se efectuar de formas muito diversas, pelo que se opta por dividir essa mesma análise sob diferentes perspectivas. Assim, para cada um dos circuitos, apresentam-se conclusões particulares de cada trajecto, ao que se segue uma análise comparativa de alguns indicadores avaliados em todos os trajectos. Cabe também nesta análise, aplicar os pressupostos descritos em 3.6., estabelecendo a classificação dos diferentes percursos dentro do mesmo circuito.

4.1. Circuito CUA

4.1.1. Trajecto CUA T1

O troço compreendido entre a Rotunda da Universidade e o acesso à A25, caracteriza-se por ser uma zona de potencial pára - arranca em função da presença de peões, sinalização luminosa (**Figura 25** e **Figura 26**), intersecções, tráfego automóvel intenso e rotundas devido aos quais poderão ocorrer alguns picos de emissões.

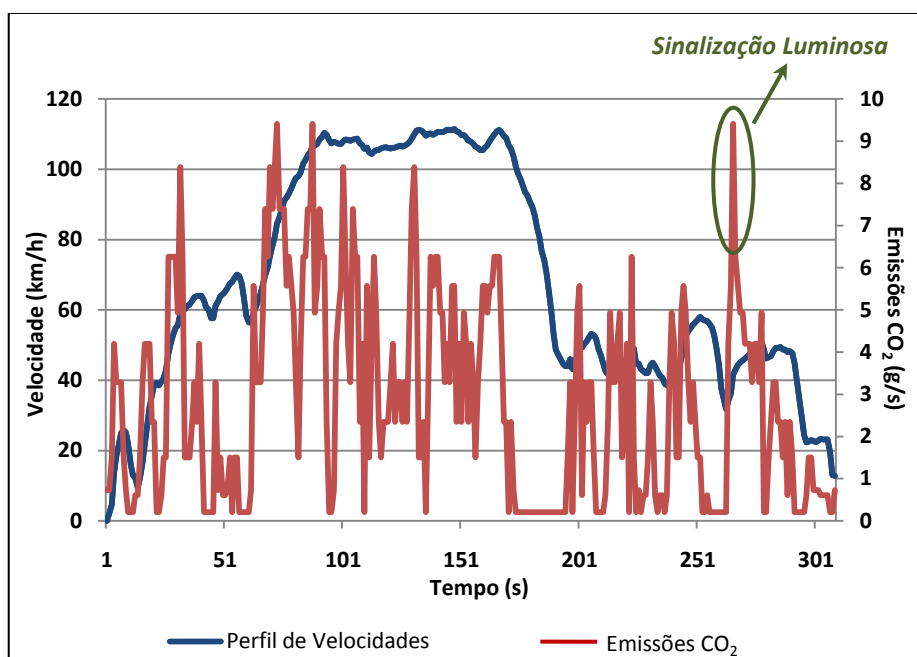


Figura 25: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CUA T1 (Taboeira - UA).



Figura 26: Sinalização luminosa junto ao estabelecimento prisional de Aveiro.

Após o ponto de sinalização indicado, a aceleração processa-se em subida, o que contribui para o aumento das emissões.

No que diz respeito à A25, o troço realizado apresenta um perfil de velocidades mais elevadas face aos restantes troços em função do limite legal permitido e das características da própria faixa de rodagem (número de vias, qualidade do pavimento). Apesar dos perfis de aceleração e inclinação se manterem aproximadamente regulares, o perfil de velocidade relativamente elevado origina uma fatia importante de emissões neste troço (verificar zona verde na **Figura 27** e distribuição de emissões acumuladas de CO₂ na **Figura 28**):

- ✓ Aproximadamente 55% das emissões de CO₂ (gasóleo) e 45% das emissões CO₂ (gasolina);
- ✓ Aproximadamente 53% das emissões de CO (gasóleo) e 62% das emissões de CO (gasolina);
- ✓ Aproximadamente 59% das emissões de NO_x (gasóleo) e 56% das emissões de NO_x (gasolina);
- ✓ Aproximadamente 41% das emissões de HC (gasóleo) e 48% das emissões de HC (gasolina);

Particularmente, as zonas deste troço de CUA T1 realizadas a velocidades superiores a 80 km/h, que correspondem a percurso em auto - estrada, aumentam as emissões de CO₂ em cerca de 48%.

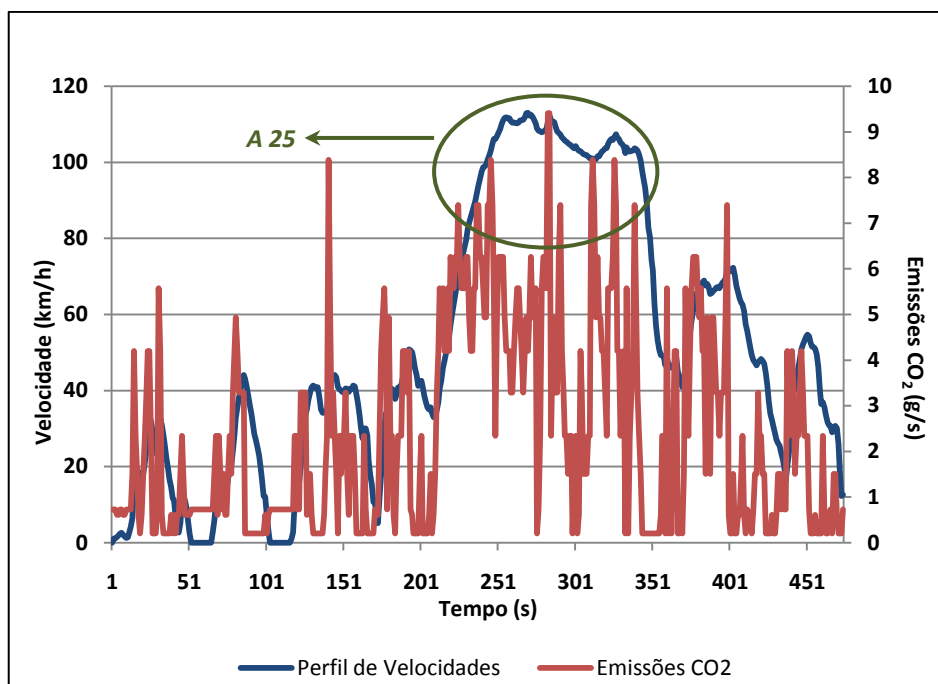


Figura 27: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CUA T1 (UA - Taboeira).

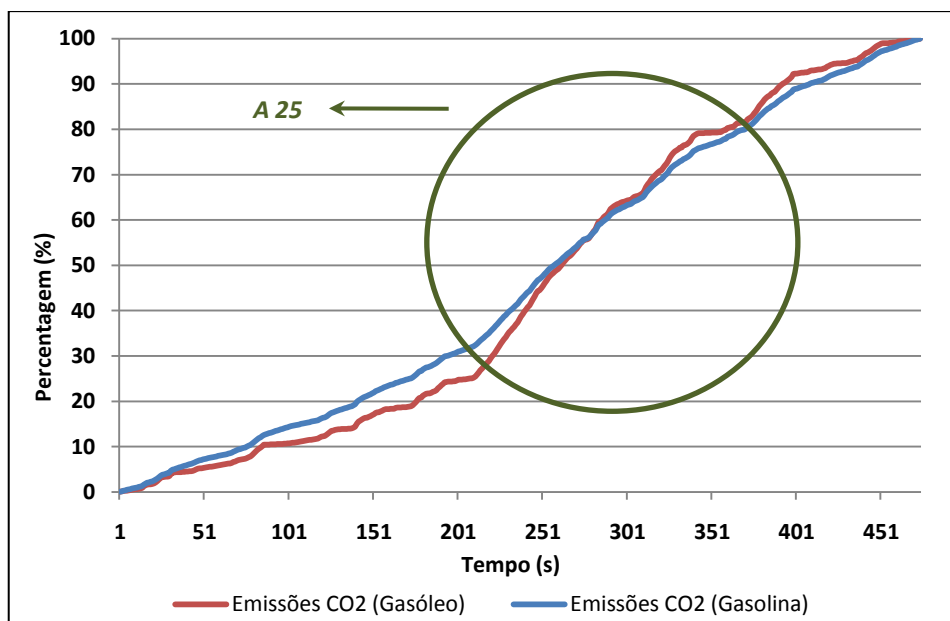


Figura 28: Perfil típico de emissões acumuladas de CO₂ CUA T1 (UA - Taboeira).

O troço compreendido entre a A25 e Rotunda da Taboeira apresenta características com algumas semelhanças ao troço inicial, se bem que com menor presença de peões e menor quantidade de intersecções. Assim, os perfis de emissões não diferem substancialmente entre ambos. A existência de uma

rampa de saída da N109 em subida não conduz a alterações de monta nas emissões, uma vez que a mesma se realiza a baixa velocidade e, por vezes, em desaceleração.

4.1.2. Trajecto CUA T2

O troço realizado entre a Rotunda da Universidade e a Estrada Nacional 109 é predominado por tráfego relativamente intenso de TC e TI (**Figura 29**), presença de peões, sinalização luminosa e uma velocidade limite de 50 km/h. De uma forma mais ou menos intensa, o pára - arranca é um factor que não deve ser menosprezado, embora seja, do ponto de vista do condutor, relativamente difícil controlar estes factores. Consequentemente, é complicado estabelecer um padrão de comportamento linear para as emissões poluentes, uma vez que estas são função dos factores mencionados.



Figura 29: Ocorrência de tráfego de TC e TI junto da Rotunda da Universidade.

Em contraste com a A25, a N109 oferece limites de velocidade de 70 km/h, facto que aparentemente limita as emissões dos diferentes poluentes nesta estrada. De acordo com os testes efectuados, tipicamente, este troço apresenta um padrão muito constante ao registado nos troços mais urbanos do trajecto (**Figura 30**), quer em função dos limites de velocidade, quer devido às características de tráfego existentes.

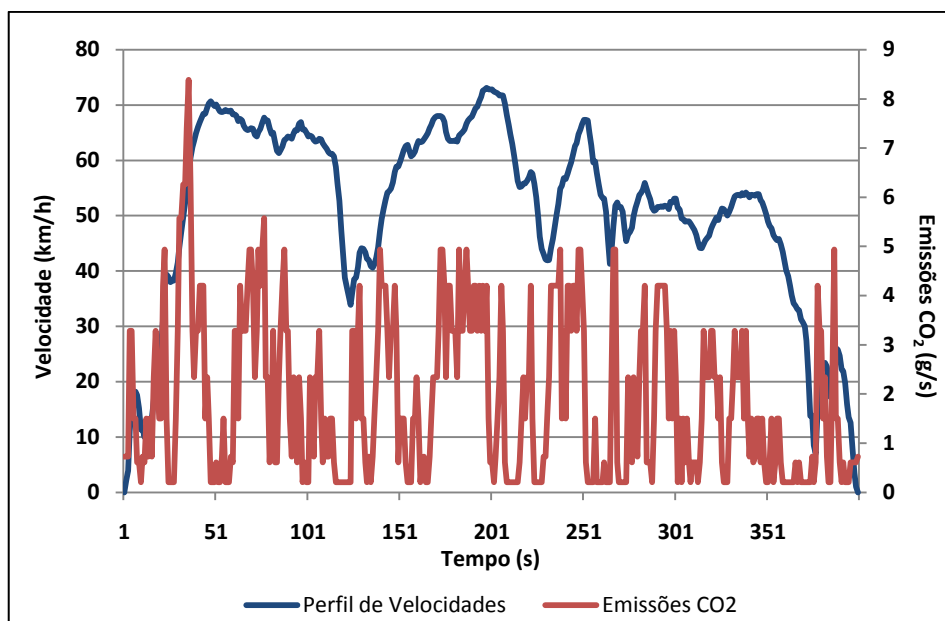


Figura 30: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CUA T2 (Taboeira - UA).

Não obstante, outras monitorizações sugerem a existência de potenciais pontos críticos neste trajecto, dos quais são exemplo (**Figura 31**):

- ✓ Arranque e aceleração no entroncamento de entrada na N109 (**Figura 32**);
- ✓ Arranque e aceleração após sinalização luminosa da Avenida da Universidade (**Figura 33**);
- ✓ Processo de travagem e aceleração na Rotunda;

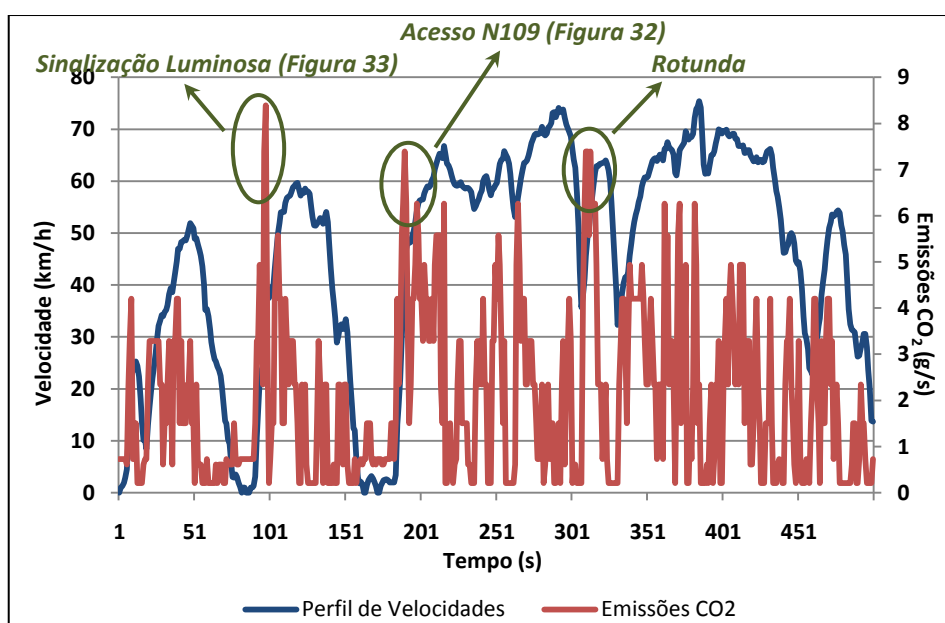


Figura 31: Exemplificação de pontos críticos no trajecto CUA T2.



Figura 32: Entroncamento de acesso à N109 (CUA T2).



Figura 33: Sinalização luminosa na Avenida da Universidade (CUA T2).

4.1.3. Trajecto CUA T3

Esta opção apresenta como característica mais saliente uma acentuada irregularidade nos perfis de velocidade e aceleração (**Figura 34** e **Figura 35**), típicas de um circuito urbano. Entre os factores diferenciadores que justificam esse perfil, destacam-se:

- ✓ Existência de quantidade considerável de lombas dispostas em vários pontos do percurso para controlo de velocidade;
- ✓ Irregularidade e falta de qualidade do pavimento;

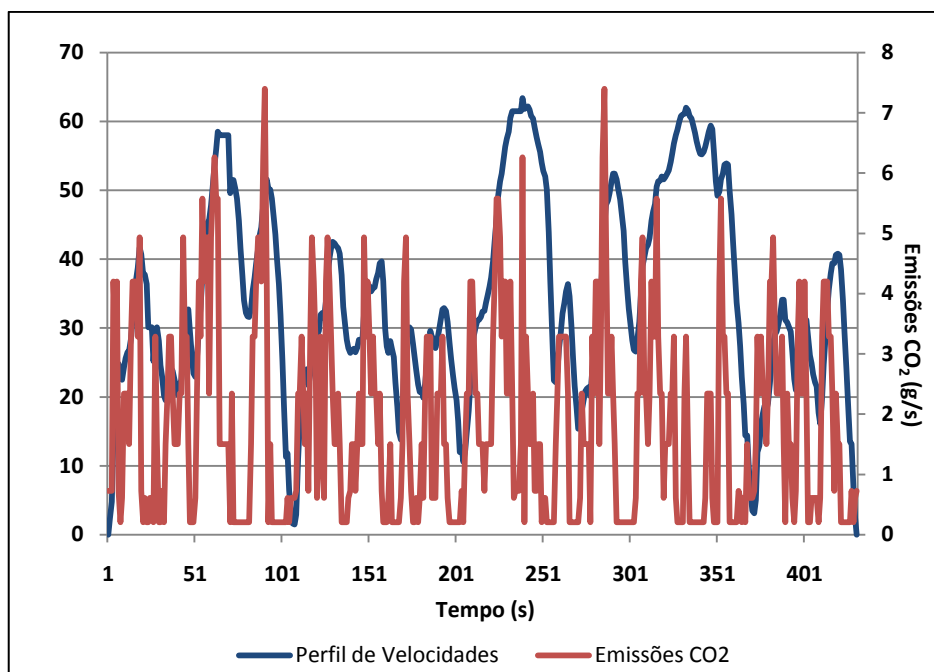


Figura 34: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CUA T3 (UA - Taboeira).

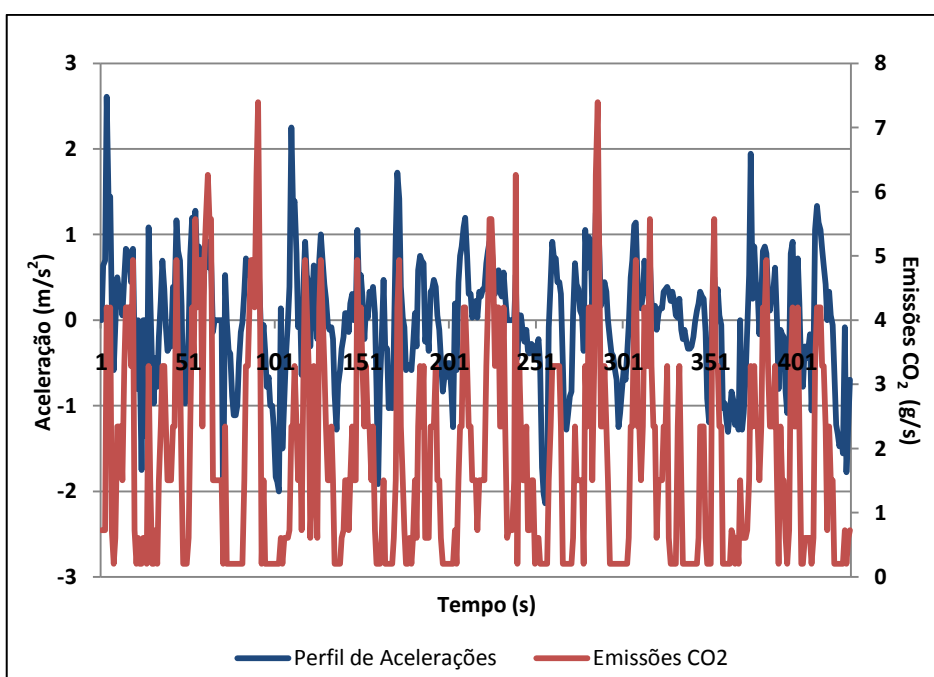


Figura 35: Perfil típico de acelerações e emissões CO₂ CUA T3 (UA - Taboeira).

Por outro lado, este percurso está mais sujeito a paragens relativamente prolongadas devido a várias potenciais ocorrências, entre as quais se destacam:

- ✓ Sinalização luminosa (**Figura 37**);
- ✓ Intersecções;

- ✓ Estacionamento irregular ou em 2ª fila;

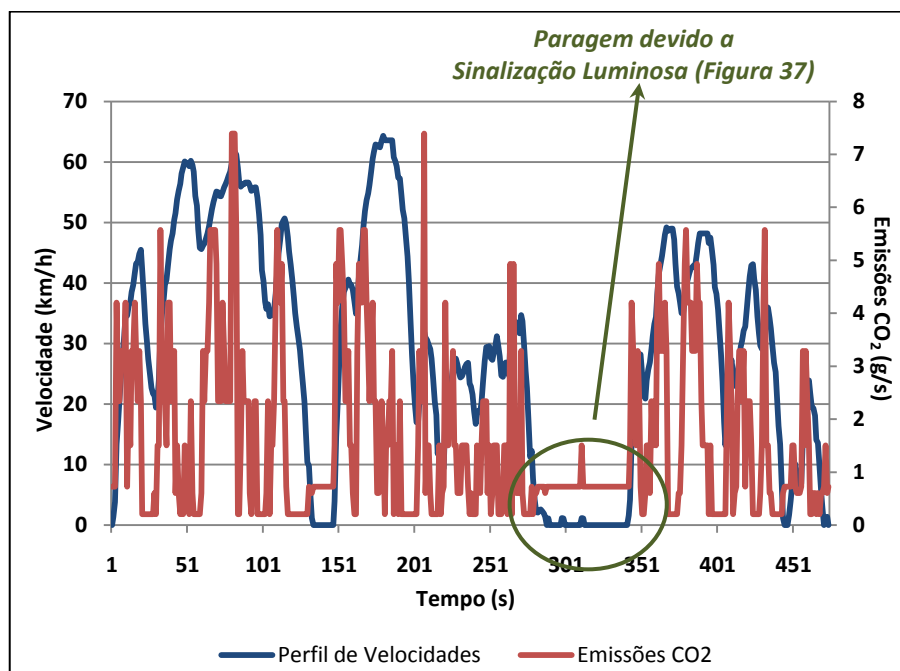


Figura 36: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CUA T3 (Taboeira - UA).



Figura 37: Paragem devido a sinalização luminosa na Av. Lourenço Peixinho.

Além das características gerais, podem ser registados outros pontos críticos destes percurso, especificamente:

- ✓ Cruzamento junto à zona do Tribunal de Aveiro;
- ✓ Rotundas diversas situadas ao longo do percurso;
- ✓ Sinalizações luminosas situadas ao longo do percurso;

- ✓ Passagem pela entrada da Estação comboios de Aveiro (Sentido UA - Taboeira);
- ✓ Cruzamento para aceder à Rua Luís Gomes de Carvalho (Sentido UA - Taboeira);
- ✓ Travessia Rua Luís Gomes de Carvalho (Sentido Taboeira - UA);
- ✓ Cruzamento da Avenida Loureço Peixinho junto ao Centro Comercial Oita (Sentido Taboeira - UA);

4.1.4. Análise Comparativa CUA

Em relação às emissões totais, a regra geral dita que o percurso CUA T1 se caracteriza como o mais poluente, o que fica patente desde a **Figura 38** à **Figura 41**.

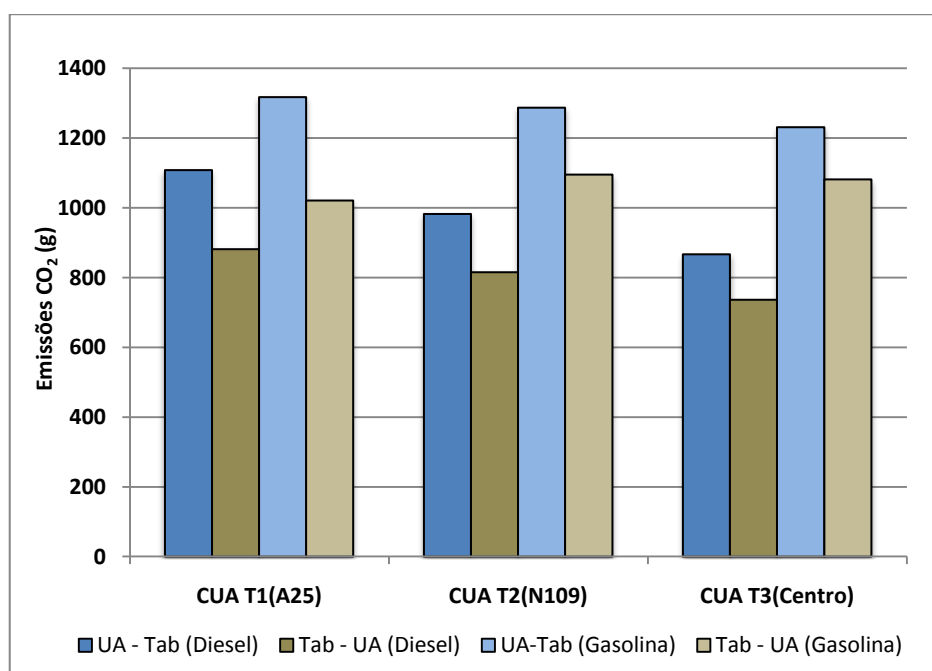


Figura 38: Emissões Médias Totais de CO₂ para o circuito CUA.

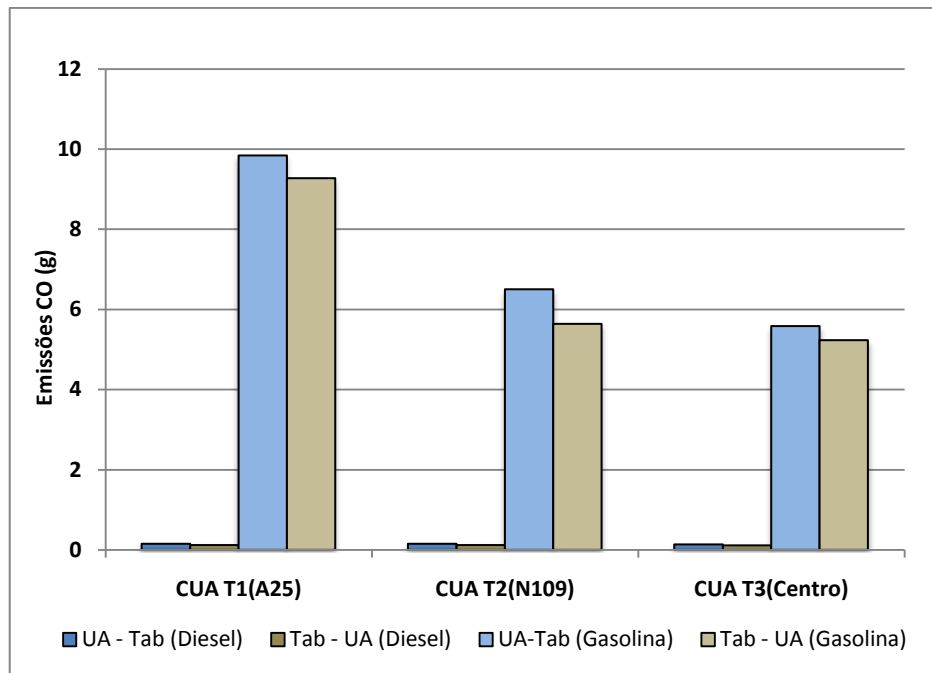


Figura 39: Emissões Médias Totais de CO para o circuito CUA.

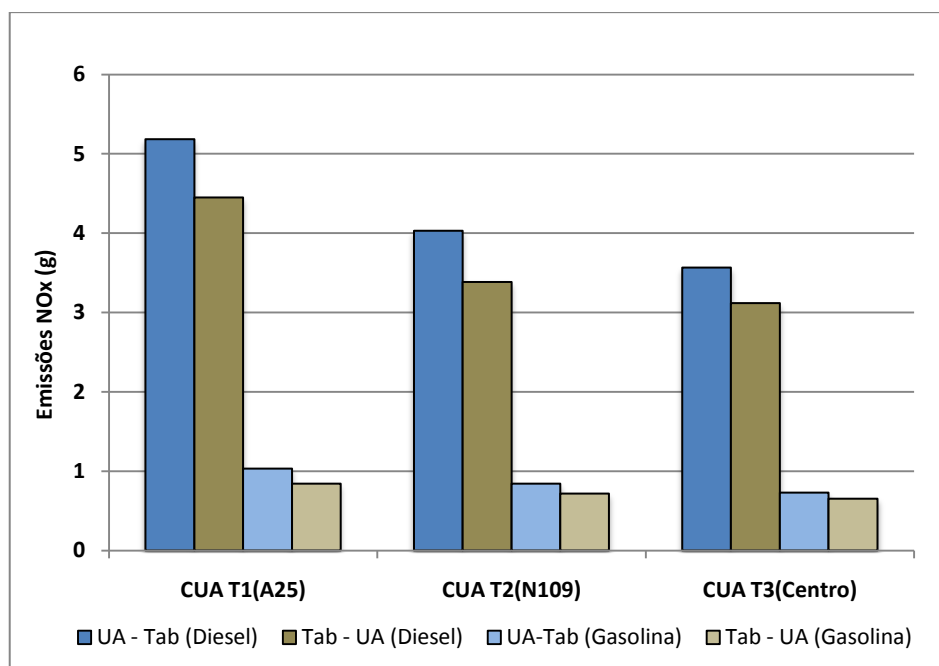


Figura 40: Emissões Médias Totais de NOx para o circuito CUA.

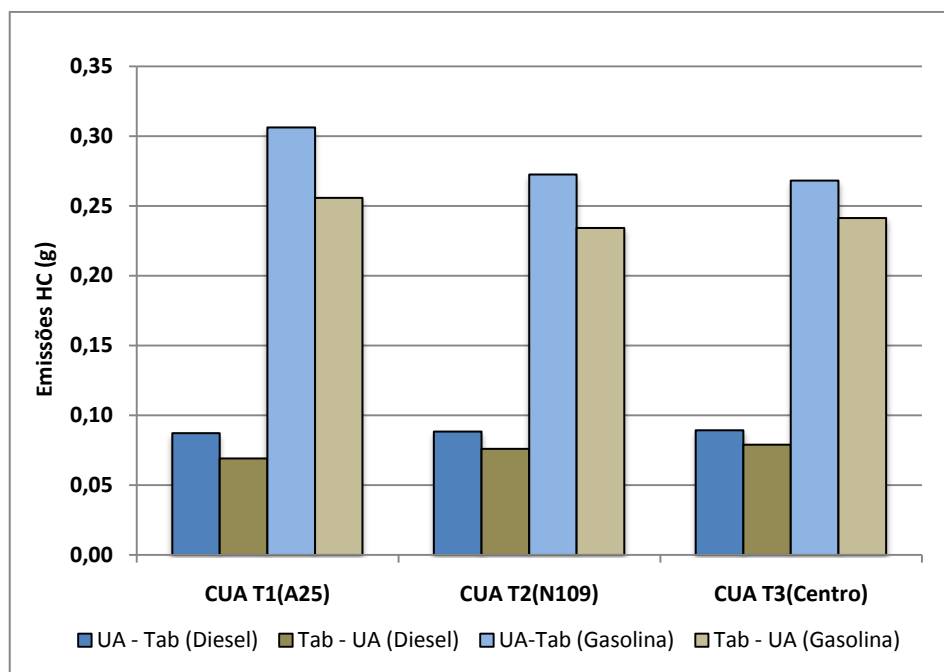


Figura 41: Emissões Médias Totais de HC para o circuito CUA.

Em todos os poluentes, tanto para gasolina como para gasóleo, verifica-se que se obtém um menor valor total no sentido Taboeira - Universidade face ao sentido Universidade - Taboeira, o que estará directamente relacionado com dois factores fundamentais:

- Menor distância total do percurso;
- Menor ocorrência de intersecções e rampas;

A comparação entre as emissões totais de poluentes nos circuitos, além de, como já se referiu, apontar CUA T1 como o mais severo em termos gerais, indicia que CUA T3 é o menos gravoso (**Quadro 16**). Ainda assim, e face a CUA T1, há algumas singularidades a destacar, nomeadamente:

- As emissões de HC (em motores diesel) aparentam ser mais críticas nos circuitos CUA T2 (5%) e CUA T3 (7%);
- As emissões de CO₂ (em motores de explosão) são sensivelmente idênticas para todos os circuitos;
- O poluente que de forma consistente apresenta maiores emissões para o circuito CUA T1 é o NOx com mais 20 a 30% face a CUA T2 e 35 a 45% face a CUA T3;

Quadro 16: Comparação percentual emissões totais dos circuitos CUA (base: CUA T1 = 0).

| | Gasóleo | | | | Gasolina | | | |
|-------------------|-----------------|----|-----|----|-----------------|----|-----|----|
| | CO ₂ | CO | NOx | HC | CO ₂ | CO | NOx | HC |
| CUA T1/CUA T2 (%) | 10 | 1 | 30 | -5 | -2 | 58 | 20 | 11 |
| CUA T1/CUA T3 (%) | 24 | 11 | 44 | -7 | 1 | 77 | 35 | 10 |

Por outro lado, efectuando uma análise similar em termos de emissões por quilómetro, distingue-se que, nessa vertente, o circuito CUA T3 é, globalmente, o mais crítico (**Figura 42 a Figura 45**).

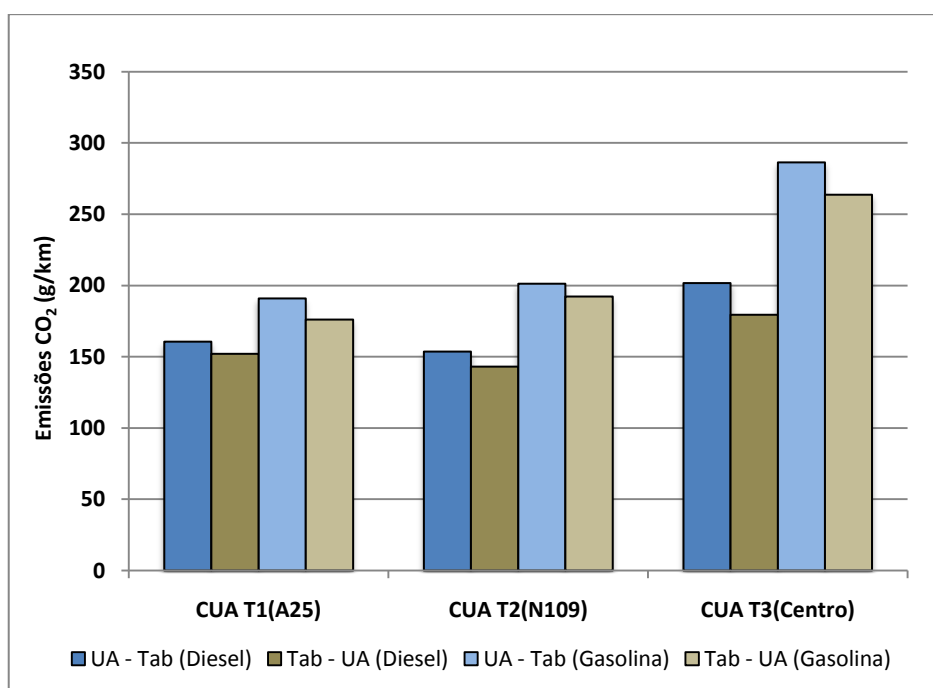


Figura 42: Emissões Médias por Quilómetro de CO₂ para o circuito CUA.

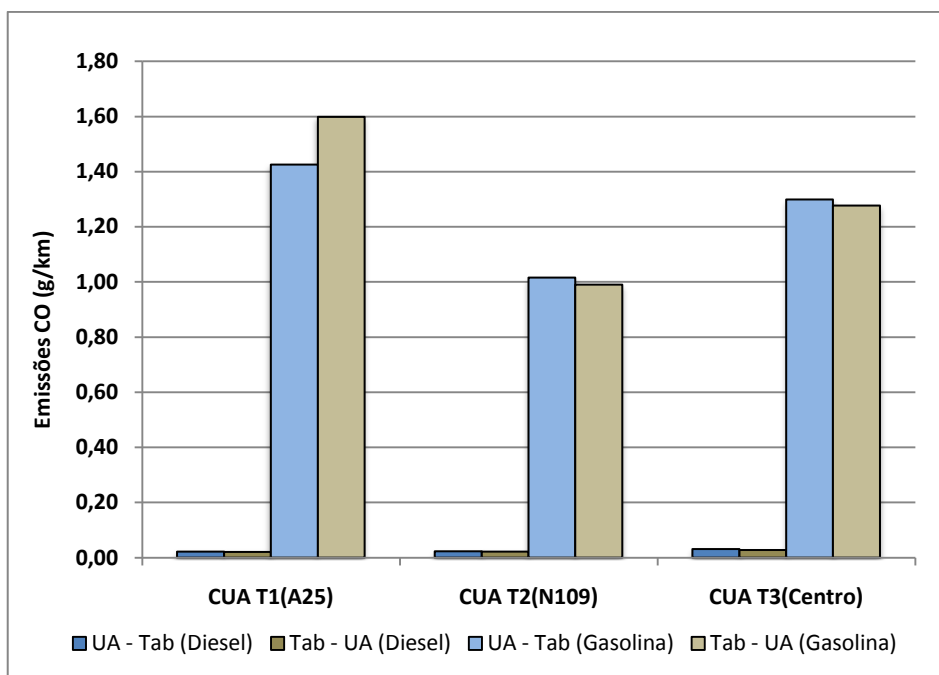


Figura 43: Emissões Médias por Quilómetro de CO para o circuito CUA.

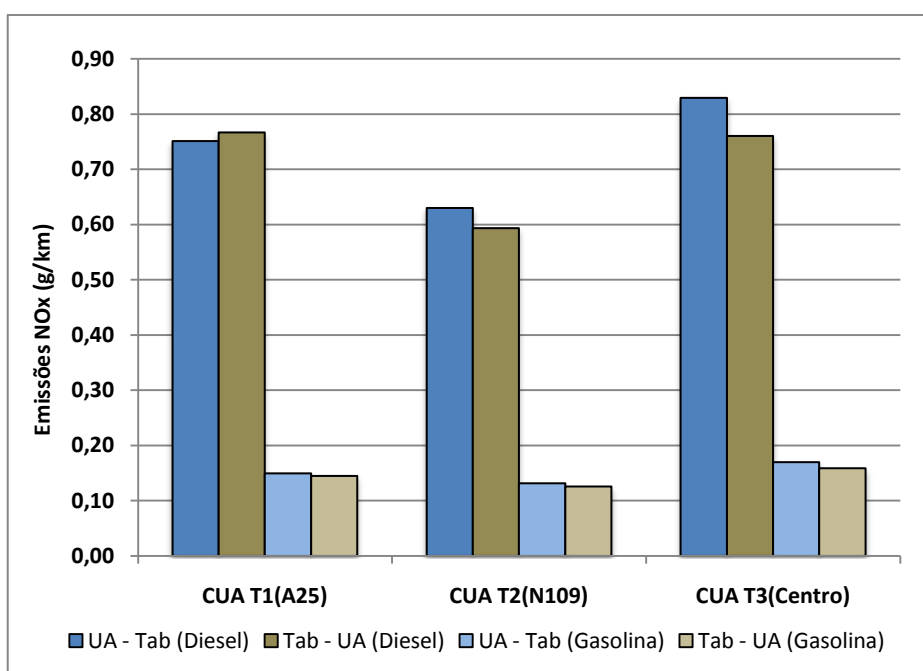


Figura 44: Emissões Médias por Quilómetro de NOx para o circuito CUA.

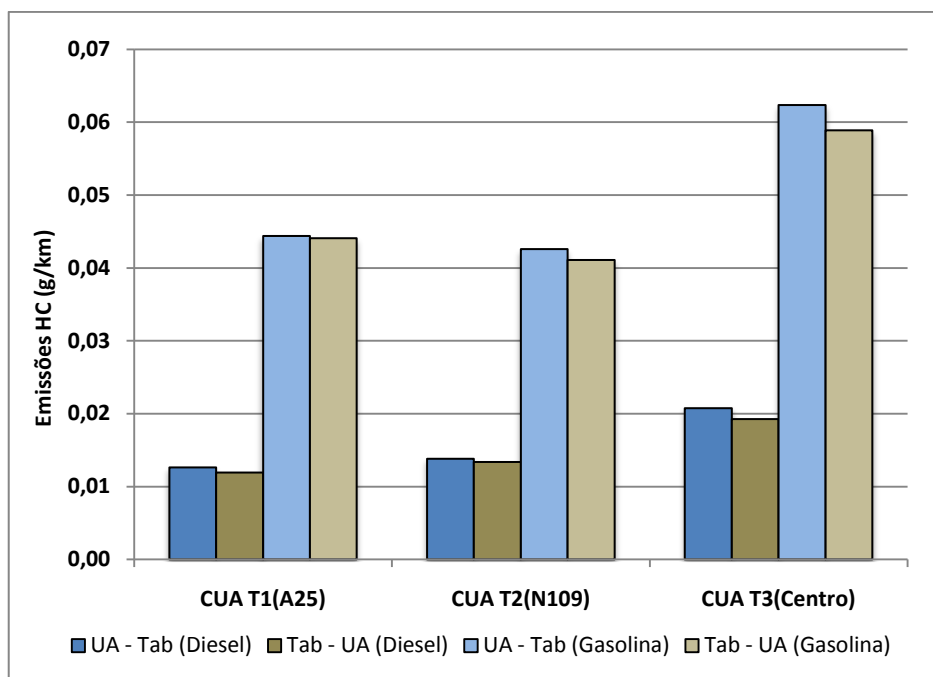


Figura 45: Emissões Médias por Quilómetro de HC para o circuito CUA.

O facto de o circuito CUA T3 permitir, em geral, maiores emissões de poluentes por quilómetro, sendo onde se verificam menores emissões totais, justifica-se com a relação de distâncias entre os circuitos. Efectivamente, no circuito CUA T3, as viaturas poluem menos porque a distância do percurso representa cerca de 70% das distâncias tanto do percurso CUA T1 como do percurso CUA T2.

No **Quadro 17** são expostas as emissões por quilómetro de CUA T1 e CUA T2 face a CUA T3. Nesta base, a comparação é talvez mais justa do ponto de vista de aferir qual o percurso que, pelas suas características intrínsecas, é mais gravoso ambientalmente.

Quadro 17: Comparação percentual emissões por quilómetro dos circuitos CUA.

| | Gasóleo | | | | Gasolina | | | |
|-------------------|-----------------|----|-----|----|-----------------|-----|-----|----|
| | CO ₂ | CO | NOx | HC | CO ₂ | CO | NOx | HC |
| CUA T3/CUA T2 (%) | 28 | 30 | 30 | 47 | 40 | 28 | 28 | 45 |
| CUA T3/CUA T1 (%) | 22 | 36 | 5 | 63 | 50 | -15 | 11 | 37 |

Os Anexos IX a XI disponibilizam informação resumida complementar acerca das emissões obtidas em cada uma das monitorizações realizadas.

As monitorizações realizadas e as caracterizações dos trajectos efectuadas, permitem apontar a maior densidade de intersecções (rotundas, cruzamentos e entroncamentos com/sem sinalização luminosa) e a densidade de tráfego pedonal como principais aspectos responsáveis por esta diferenciação entre as

emissões por quilómetro de cada percurso. A **Figura 46** demonstra precisamente que a evolução de intersecções se correlaciona de forma clara com o aumento de emissões de CO₂ neste conjunto de trajectos em particular.

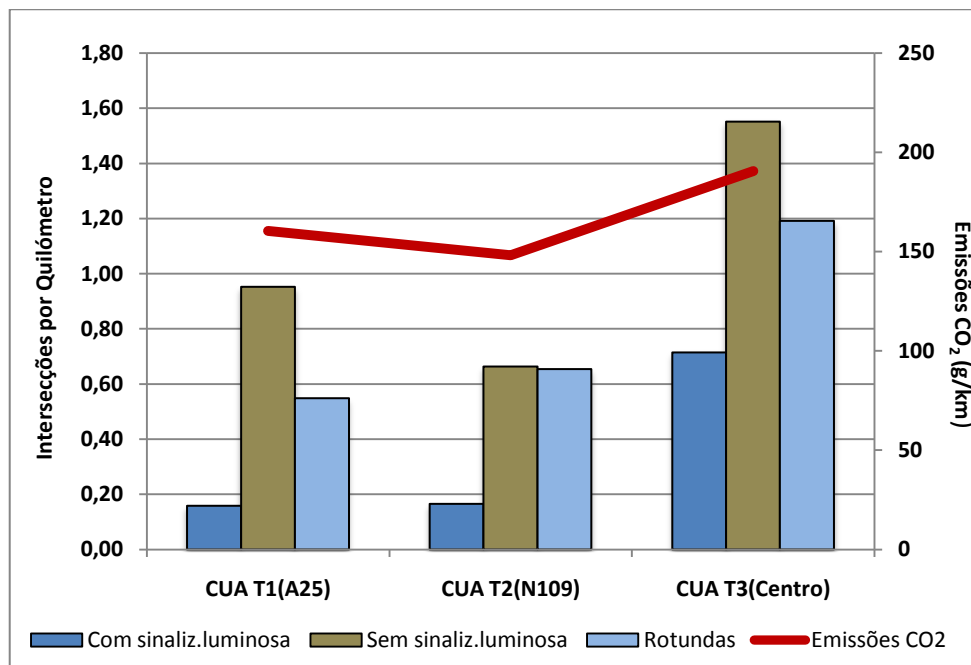


Figura 46: Evolução de fenómenos de intersecção e emissões por quilómetro de CO₂ (CUA).

Os testes realizados foram enquadrados em diversos períodos compreendidos entre as 10:30 e 17:00. A quantidade relativamente limitada de testes realizados não permite, numa primeira observação, estabelecer uma relação clara entre a duração de realização dos trajectos e o período horário em que os mesmo são realizados (**Figura 47**). No entanto, o mesmo gráfico aponta para duas tendências no domínio do tempo de realização dos percursos:

- O percurso CUA T1 é consistentemente o mais rápido;
- O percurso CUA T3 é consistentemente o mais lento, tendendo a tornar-se mais demorado à medida que o dia avança;

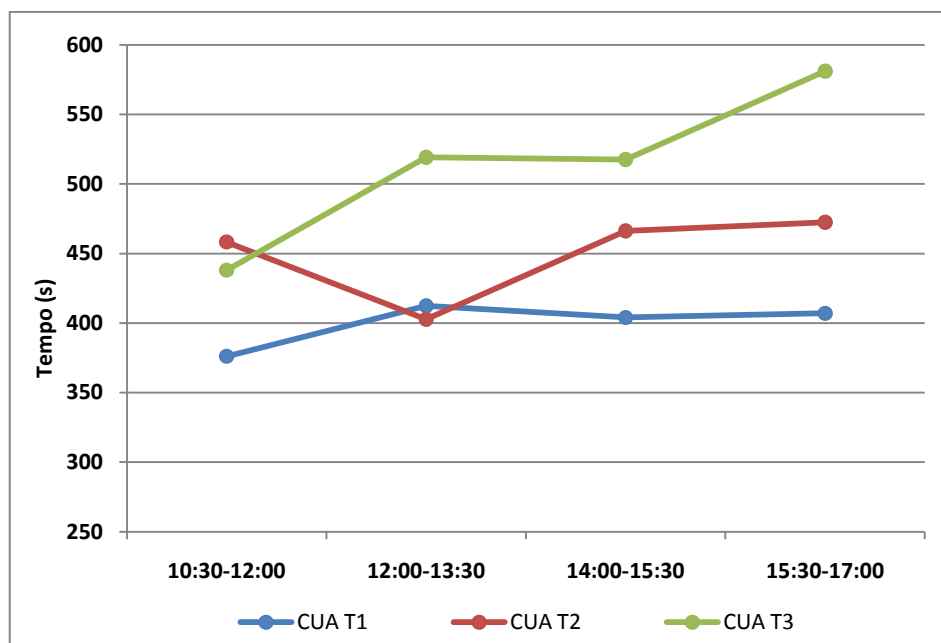


Figura 47: Evolução dos tempos de percurso CUA ao longo de diversos períodos do dia.

As mesmas tendências estão em consonância com os tempos médios obtidos para os três percursos estudados, os quais se expõem no **Quadro 18**. Assim, o percurso pelo centro da cidade (CUA T3) apresenta-se mais lento em 15% do que o percurso pela N109 (CUA T2) e 27% do que o percurso pela A25 (CUA T1). Estas durações relativas de percurso são válidas em ambos os sentidos, ainda que em proporções um pouco diferentes.

Quadro 18: Durações médias dos percursos CUA (segundos).

| | | | | |
|--------|----------|-------|-------|-------|
| CUA T1 | UA - Tab | 431,9 | Média | 391,8 |
| | Tab - UA | 351,6 | | |
| CUA T2 | UA - Tab | 459,3 | Média | 432,1 |
| | Tab - UA | 404,9 | | |
| CUA T3 | UA - Tab | 510,3 | Média | 495,9 |
| | Tab - UA | 481,5 | | |

No que se refere à variabilidade dos tempos verificados em cada percurso, o percurso CUA T1 também se apresenta vantajoso, dado que é aquele com menor variabilidade em termos médios face aos concorrentes (**Quadro 19**). Em concreto, a sua variabilidade é 50% inferior a CUA T3 e 31% inferior a CUA T2.

Quadro 19: Variabilidades de duração de percursos CUA (segundos).

| | | | | |
|--------|----------|------|-------|------|
| CUA T1 | UA - Tab | 12,1 | Média | 15,5 |
| | Tab - UA | 18,9 | | |
| CUA T2 | UA - Tab | 31,0 | Média | 22,6 |
| | Tab - UA | 14,3 | | |
| CUA T3 | UA - Tab | 37,1 | Média | 31,1 |
| | Tab - UA | 25,1 | | |

Do ponto de vista das velocidades médias verificadas, saliente-se que, mais uma vez, CUA T1 apresenta menor variabilidade (**Quadro 20**). Neste particular, a diferença faz-se sentir essencialmente em relação a CUA T2 (menos 39%). O percurso CUA T2 apresenta uma variabilidade de velocidades médias superior a CUA T3 em 28%.

Quadro 20: Variabilidades das velocidades médias nos percursos CUA (km/h).

| | | | | |
|--------|----------|-----|-------|-----|
| CUA T1 | UA - Tab | 1,5 | Média | 1,1 |
| | Tab - UA | 0,6 | | |
| CUA T2 | UA - Tab | 1,7 | Média | 1,8 |
| | Tab - UA | 1,8 | | |
| CUA T3 | UA - Tab | 1,8 | Média | 1,5 |
| | Tab - UA | 1,2 | | |

4.1.5. Avaliação com Condutor ou Viatura Alternativos (CUA)

Conforme mencionado na Metodologia desta Dissertação (ponto 3.), a vertente prática enquadrou 3 fases distintas. A segunda fase distingue-se pela utilização de um condutor alternativo face à Fase 1, enquanto a Fase 3 conta com o mesmo condutor mas alterando a viatura.

O interesse deste estudo em particular reside em avaliar até que ponto a alteração de alguns destes factores (condutor ou viatura) se traduz em resultados diferentes. Para o efeito, para ambos os casos, foram determinados os desvios percentuais de diversos indicadores (duração, velocidade média, emissões/km para gasóleo, emissões/km para gasolina) da Fase 2 (condutor alternativo) face à Fase 1 e da Fase 3 (viatura alternativa) em relação à Fase 1. Os resultados obtidos encontram-se expressos no **Quadro 21** e **Quadro 22**.

Quadro 21: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 2 e Fase 1 (CUA).

| | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|--------|---------|------------|--------------------------|----|-----------------|----|---------------------------|----|-----------------|----|
| | Duração | Vel. Média | CO ₂ | CO | NO _x | HC | CO ₂ | CO | NO _x | HC |
| CUA T1 | 3 | -2 | 6 | -6 | 27 | 19 | 6 | 67 | 17 | 27 |
| CUA T2 | -5 | 6 | 2 | -2 | 7 | -3 | -1 | 15 | 5 | 2 |
| CUA T3 | 1 | 4 | 3 | 1 | 6 | 4 | 4 | 17 | 7 | 5 |

Em relação ao efeito da mudança de condutor, sublinham-se os seguintes aspectos:

- Duração: a influência é variável conforme o percurso em questão (maior demora em CUA T1 e CUA T3 e menor demora em CUA T2), pelo que a alteração de condutor não tem um efeito claro neste domínio;
- Velocidade Média: também aqui não se distingue claramente o efeito da mudança de condutor, sendo a velocidade média superior para CUA T2 e CUA T3, mas inferior para CUA T1;
- Emissões/km Gasóleo:
 - ✓ CUA T1: menores emissões de CO (6%); aumento de emissões para os restantes poluentes, compreendidas entre 6% (CO₂) e 27% (NO_x);
 - ✓ CUA T2: aumento emissões de NO_x (7%); restantes poluentes sofrem variações pouco significativas (entre 1 e 3%);
 - ✓ CUA T3: aumento de emissões para todos os poluentes, compreendidos entre 1% (CO) e 6% (NO_x);
- Emissões/km Gasolina:
 - ✓ CUA T1: aumento de emissões para todos os poluentes entre 6% (CO) e 67% (NO_x);
 - ✓ CUA T2: emissões de CO₂ permanecem relativamente idênticas; restantes poluentes registam aumentos compreendidos entre 5% (NO_x) e 15% (CO);
 - ✓ CUA T3: aumento de emissões para todos os poluentes entre 4% (CO) e 17% (NO_x);

Em termos globais, pode-se concluir que a mudança de condutor resultou efectivamente num aumento generalizado das emissões de poluentes, com destaque para o CO (em viaturas a gasolina) e de NO_x e HC no percurso CUA T1. De modo a compreender o motivo pelo qual se registam aumentos de

emissões para o condutor B (Fase 2) face ao condutor A (Fase 1), foi analisada a ocorrência relativa de modos VSP para as fases em questão (**Figura 48**).

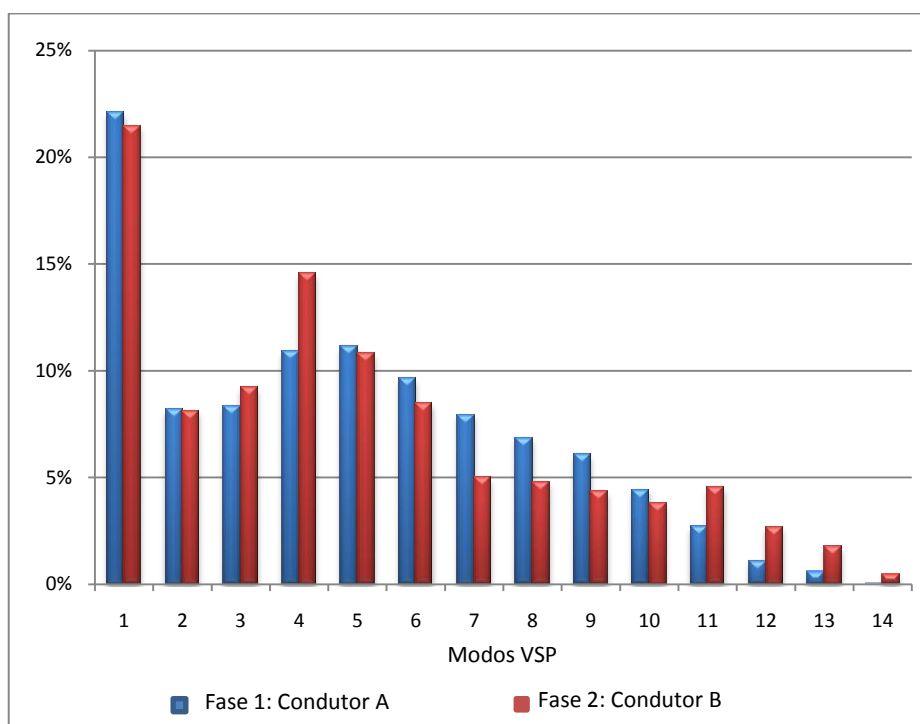


Figura 48: Ocorrência relativa de modos VSP em CUA (Fases 1 e 2)

O gráfico apresentado acima demonstra que a Fase 2 (condutor B) gerou maior prevalência de modos VSP iguais a 4, 11, 12, 13 e 14. A maior ocorrência de modos VSP 11 a 14 justifica a diferença de emissões verificada. Os valores VSP elevados têm lugar perante ocorrência dos seguintes factores: aceleração forte, velocidade alta ou inclinação elevada. O factor inclinação não deverá justificar esta diferença dado que o percurso é igual para ambas as fases. Perante isto, supõe-se que os modos VSP 11-14 se relacionam com a maior ocorrência de aceleração a velocidade elevada (não esquecendo que parte do percurso se efectua na auto-estrada A25). Por outras palavras, o condutor B tende a acelerar mais que o condutor A.

Quadro 22: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 3 e Fase 1 (CUA).

| | Duração | Vel.Média | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|--------|---------|-----------|--------------------------|-----|-----------------|-----|---------------------------|----|-----------------|----|
| | | | CO ₂ | CO | NO _x | HC | CO ₂ | CO | NO _x | HC |
| CUA T1 | 4 | 1 | 1 | 1 | -1 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| CUA T2 | -16 | 13 | -8 | -11 | -3 | -12 | -11 | 3 | -6 | -8 |
| CUA T3 | -17 | 18 | -8 | -10 | -4 | -12 | -10 | 5 | -4 | -9 |

Procurando analisar os efeitos da alteração de viatura para os mesmos indicadores, salientam-se os seguintes aspectos:

- Duração: os percursos CUA T2 e CUA T3 demoram menos tempo a ser realizados, respectivamente, 16% e 17%;
- Velocidade Média: aumento sensível nos percursos CUA T2 e CUA T3, respectivamente, 13% e 18%;
- Emissões/km Gasóleo:
 - ✓ CUA T1: sem variações significativas, excepto para o HC que aumenta 5%;
 - ✓ CUA T2: redução das emissões de poluentes, compreendidas entre 3% (NO_x) e 13% (HC);
 - ✓ CUA T3 redução das emissões de poluentes, compreendidas entre 4% (NO_x) e 12% (HC);
- Emissões/km Gasolina:
 - ✓ CUA T1: sem variações significativas, excepto para o CO₂ que regista aumento de 4%;
 - ✓ CUA T2: com excepção do CO (aumenta 3,5%), as emissões diminuem entre 6% (NO_x) e 12% (CO₂);
 - ✓ CUA T3: com excepção do CO (aumenta 4,6%), as emissões diminuem entre 4% (NO_x) e 10% (CO₂);

Como consideração global, a nota mais significativa tem que ver com a redução que se regista na duração dos percursos CUA T2 e CUA T3, a qual é acompanhada de um aumento das velocidades médias nos mesmos trajectos. Podem ser avançados dois motivos válidos justificativos para esta observação:

- O condutor sente-se mais conhecedor e, logo, mais confiante na condução, sentindo-se motivado para conduzir a velocidades superiores;

- A viatura utilizada na Fase 3 (*Volkswagen Polo* com mudanças manuais) permite um estilo de condução diferente do carro da Fase 1 (*Toyota Prius* com mudanças automáticas);

Registe-se também, que as emissões totais se reduzem de um modo geral em CUA T2 e CUA T3 para todos os poluentes, o que pode ser associado ao facto de os percursos se realizarem a uma velocidade superior.

4.1.6. Classificações CUA

As classificações obtidas para o conjunto de trajectos CUA, de acordo com a metodologia exposta em 3.6., encontram-se sumarizados no **Quadro 23**. O Anexo XVI disponibiliza informação complementar.

Quadro 23: Resultados da comparação entre os diferentes trajectos no circuito CUA.

| | Tempo Percurso | Distância Total | Emissões CO2 | Variab. Tempo Percurso | Variabilidade Vel. Média | Variabilidade Emissões CO2 | Conservação | Singularidades | Incidentes | Custo |
|-----------------|----------------|-----------------|--------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|----------------|------------|-------|
| CUA T1 UA - Tab | ★★ | ⊙ | ⊙ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★ | ★★★★★ | ⊙ |
| CUA T1 Tab - UA | ★★★★★ | ★★ | ★★★★ | ★★ | ⊙ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ |
| CUA T2 UA - Tab | ★★ | ★ | ★★ | ★ | ★★ | ★★ | ★★★ | ⊙ | ★★ | ★★ |
| CUA T2 Tab - UA | ★★★ | ★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★ | ★★★ | ★★★ | ★★ | ★★★ | ★★★★★ |
| CUA T3 UA - Tab | ⊙ | ★★★★ | ★★★ | ⊙ | ★ | ⊙ | ⊙ | ★★★ | ⊙ | ★★★ |
| CUA T3 Tab - UA | ★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★ | ★★★★★ | ★ | ⊙ | ★★ | ★ | ★★★★★ |

Legenda: ⊙ - Mínimo ★★★★★ - Máximo

Em primeiro lugar é necessário fazer notar que as classificações expressas no **Quadro 23** para cada um dos percursos reflectem o facto de todos os trajectos realizados no sentido UA - Taboeira serem mais extensos que o seu inverso. Em várias categorias analisadas, além do critério distância total, esta diferença de distância confere vantagem aos percursos quando realizados no sentido Taboeira - UA, nomeadamente:

- Tempo de percurso;
- Emissões totais de CO₂;
- Custo;

Avaliando o percurso CUA T1 (A25), são notórias algumas mais-valias relativas a esta alternativa, especificamente:

- Tempo de percurso: sendo CUA T1 Tab - UA o mais rápido e CUA T1 UA - Tab o mais competitivo por comparação com as outras opções no mesmo sentido;

- Conservação: tratam-se dos percursos com melhor qualidade de pavimento;
- Incidentes: a quantidade de incidentes é bastante reduzida, sendo que o facto de parte do percurso se realizar em auto-estrada limita fenómenos de obras e, principalmente, de estacionamento ilegal;
- As emissões CO₂ apresentam uma variabilidade reduzida face às opções concorrentes;

Por outro lado, CUA T1 apresenta os seguintes aspectos desfavoráveis:

- Distância: para qualquer dos sentidos tratam-se dos percursos mais compridos;
- Emissões totais de CO₂: este percurso no sentido UA - Tab é o mais penalizador, sendo CUA T1 Tab - UA pior que as respectivas alternativas no mesmo sentido;
- Custo: sendo função do consumo de combustível e este essencialmente dependente das emissões de CO₂, também nesta vertente, CUA T1 é mais desfavorável;

Quanto a CUA T2 (N109), é um trajecto que se revela acima de tudo equilibrado face às outras duas opções, pelo que muitas vezes tem uma classificação intermédia nas diversas categorias. Ainda assim, destacam-se:

- Singularidades: é aquele que regista maior quantidade de singularidades (intersecções, rampas e rotundas) em qualquer dos sentidos;
- Emissões totais de CO₂: muito competitivo nesta vertente (principalmente no sentido UA-Tab) e, inerentemente, nos custos que se relacionam com as emissões poluentes;

Pelo lado negativo, em relação a CUA T2, salienta-se:

- Distância: desfavorável essencialmente face a CUA T3, ainda que ligeiramente melhor que CUA T1;
- Variabilidade velocidade média: conjugando os dois sentidos, é aquele que apresenta maior variabilidade ;

Finalmente, no que se refere ao percurso CUA T3 (Centro), os seus pontos fortes estão fortemente relacionadas com o facto de, em cada um dos sentidos, este ser o percurso mais curto. Daí que se deva destacar:

- Distância;
- Emissões totais de CO₂: em razão de ser muito mais curto que os percursos alternativos, consegue ser o mais competitivo nesta vertente, embora tal não se mantenha para as emissões por quilómetro (conforme já discutiu no decurso deste relatório);
- Custo: relacionado com limitadas emissões totais de CO₂;

No extremo oposto, CUA T3 tem pontos fracos também facilmente distinguíveis, nomeadamente:

- Conservação: em qualquer dos sentidos apresenta pior qualidade de pavimento;
- Tempo de percurso: pese embora ser o percurso mais curto, o facto de ter velocidades médias tipicamente mais baixas e dado o nível elevado de incidentes, tornam este percurso mais lento;
- Variabilidade de tempo de percurso: em cada um dos sentidos, é menos fiável quanto ao tempo que demora a percorrer face à concorrência;
- Variabilidade de emissões CO₂: apresenta maior variação face à concorrência, o que poderá estar relacionado também com a maior variabilidade do tempo de percurso;

4.2. Circuito CAP

4.2.1. Trajecto CAP T1

Ao nível da evolução da velocidade, os perfis obtidos indicam uma grande regularidade ao longo do trajecto, quase sempre na gama dos 100-120 km/h (**Figura 49**). Coincidentemente, as emissões também se apresentam regulares ao longo do percurso. Registe-se, mais uma vez, que ao aumento de emissões CO₂ corresponde também um aumento de velocidade.

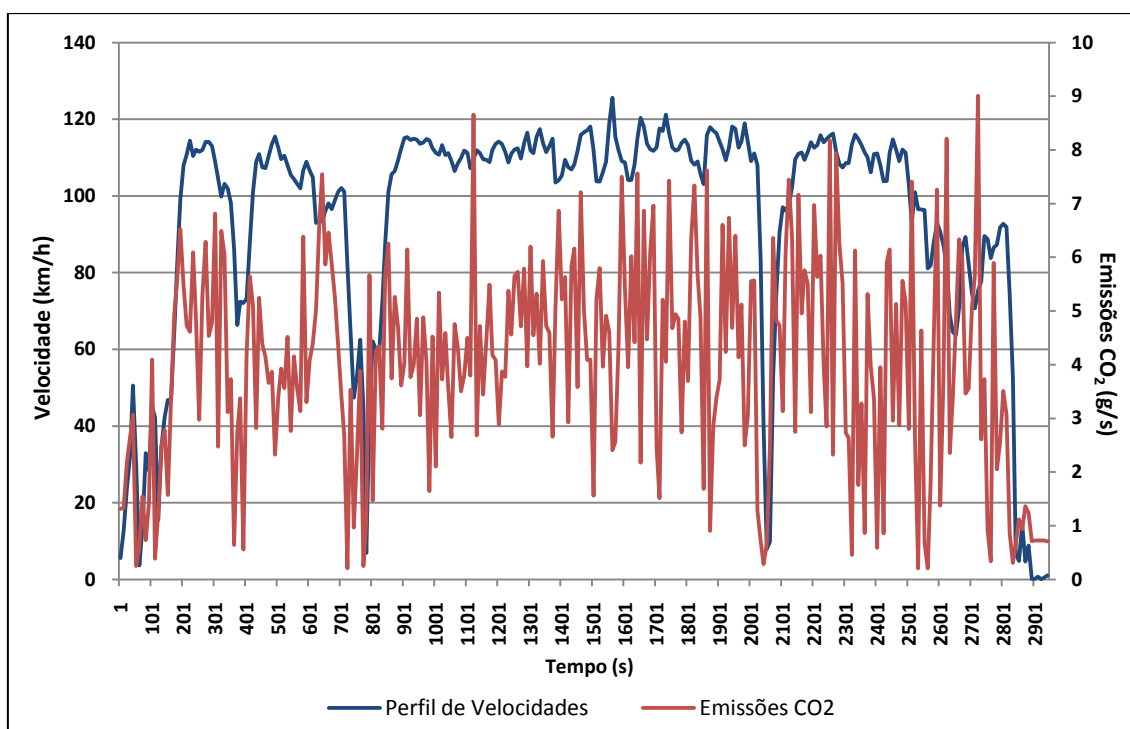


Figura 49: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CAP T1 (UA - Amial).

O percurso, essencialmente realizado em auto-estrada, apresenta pouco tráfego e, logo, poucos incidentes que daí derivem. Assim, não é estranho que o perfil de acelerações não apresente variações significativas (**Figura 50**). Porém, é possível identificar três excepções:

- ✓ Portagens (entrada e saída da A1);
- ✓ Percurso na VCI, o qual, no sentido UA - Amial, se efectua em subida, originando também acelerações mais significativas (**Figura 51**);
- ✓ Troço entre Rotunda da UA e a A25, realizado em zona urbana e, logo, sujeito a maior ocorrência de fenómeno de pára - arranca;

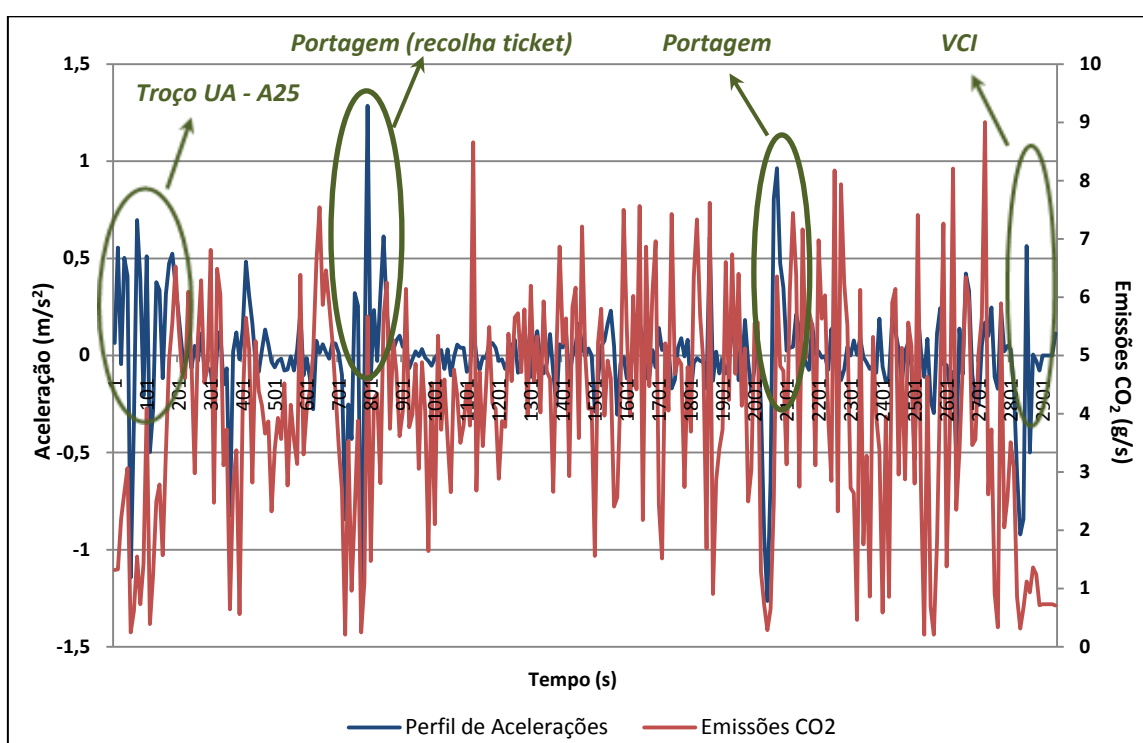


Figura 50: Perfil típico de aceleração e emissões CO_2 CAP T1 (UA - Amial).



Figura 51: Subida VCI junto ao Estádio do Dragão.

4.2.2. Trajecto CAP T2

O trajecto CAP T2 apresenta poucas particularidades, uma vez que se realiza em auto-estrada em praticamente toda a sua extensão. Em termos do seu traçado, as quebras de ritmo mais notórias (distinguidas na **Figura 52**) têm que ver com as transições entre auto-estradas em ambos os sentidos de circulação, nomeadamente:

- ✓ Transição A25-A29;
- ✓ Transição A1-A44 (**Figura 53**);
- ✓ Transição A44-A29 (**Figura 54**);

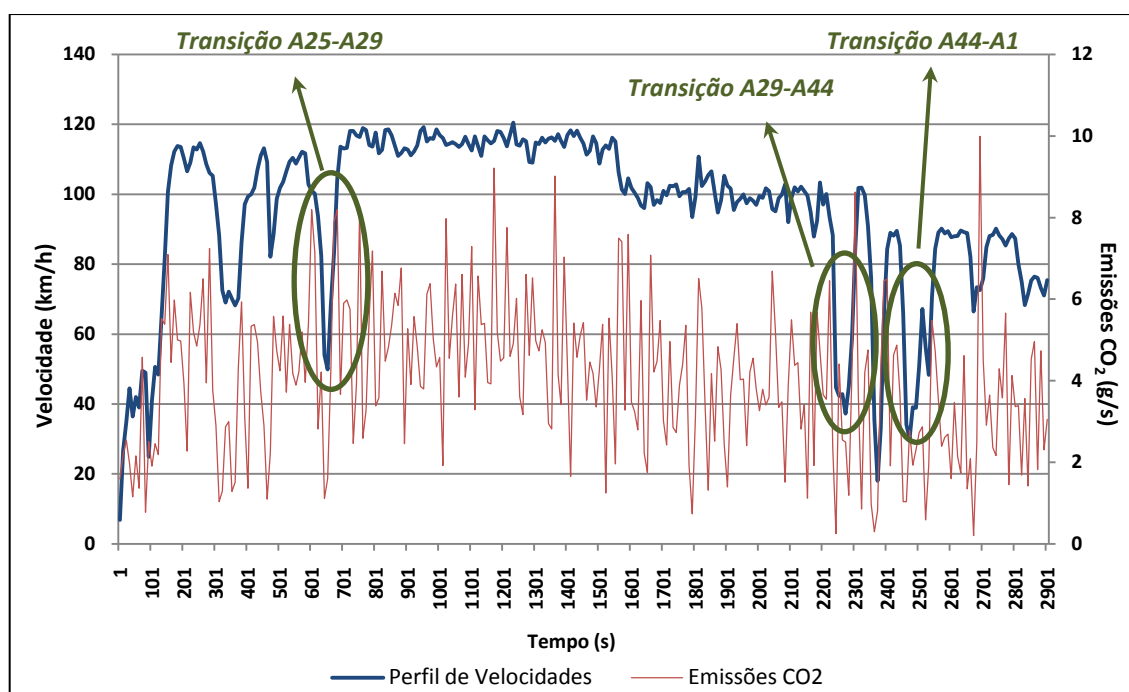


Figura 52: Perfil típico de aceleração e emissões CO₂ CAP T2 (UA - Amial).

Além das transições mencionadas, a presença de tráfego de pesados é uma constante (também visível na **Figura 53**). Esta presença não se traduz numa redução acentuada de velocidade durante o trajecto mas conduz a algum congestionamento nas zonas de acesso já especificadas.



Figura 53: Tráfego na transição da A1 para A44.



Figura 54: Tráfego na transição da A44 para a A29.

4.2.3. Trajecto CAP T3

O trajecto CAP T3 tem como via primordial a N1-IC2. Além disso, há um percurso considerável realizado em auto - estrada, quer para realizar ligação a Aveiro (A25), quer para ligação ao Porto (A1). A presença de auto-estrada é perfeitamente clara no perfil apresentado na **Figura 55**, com consequências ao nível das emissões de CO₂.

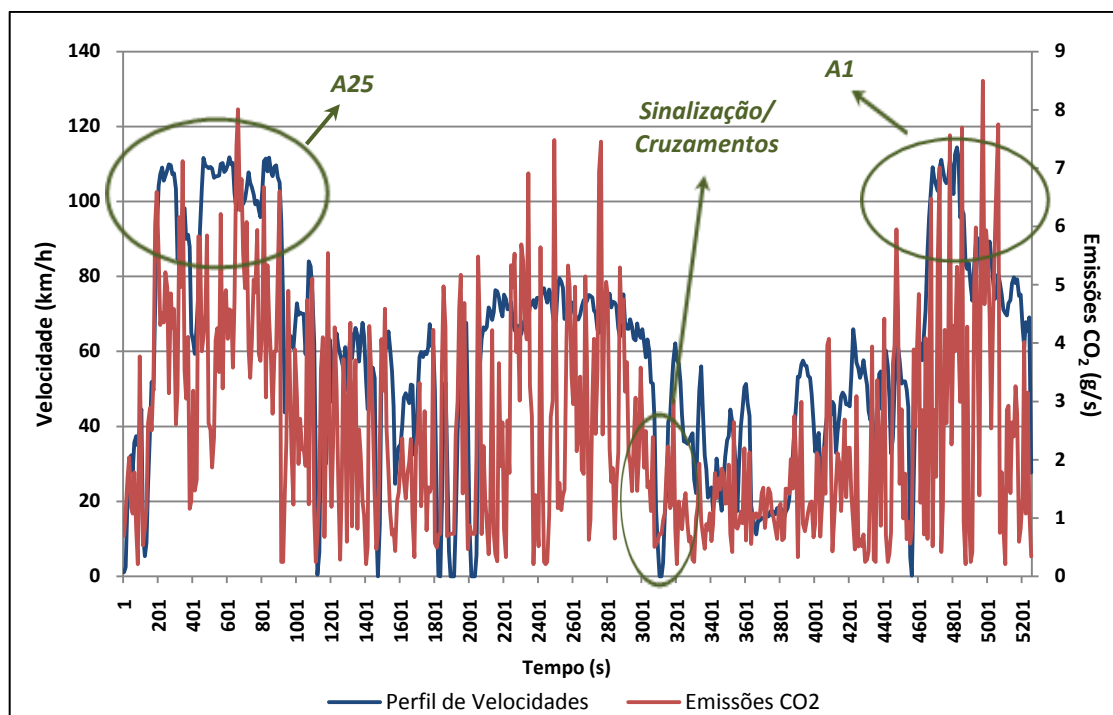


Figura 55: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CAP T3 (UA - Amial).

Os fenómenos de paragem devido a tráfego pedonal, sinalização luminosa e especialmente tráfego automóvel (**Figura 56**) ocorrem recorrentemente ao longo de CAP T3. A presença de tráfego inerente ao transporte de mercadorias é uma constante, especialmente para deslocação entre zonas industriais distribuídas ao longo do percurso (Albergaria, Oliveira de Azeméis, São João da Madeira, Carvalhos, etc).



Figura 56: Cruzamento de via por tráfego pesado na N1-IC2.

Neste trajecto, é interessante verificar que as emissões de CO₂ tendem a concentrar-se mais nos troços de auto-estrada por comparação ao trajecto efectuado na N1-IC2 (**Figura 57**). Esta observação pode-se relacionar precisamente com o perfil de velocidades já referido, uma vez que este aumento de emissões parece ter correspondência com o registo de velocidades acima dos 90 km/h.

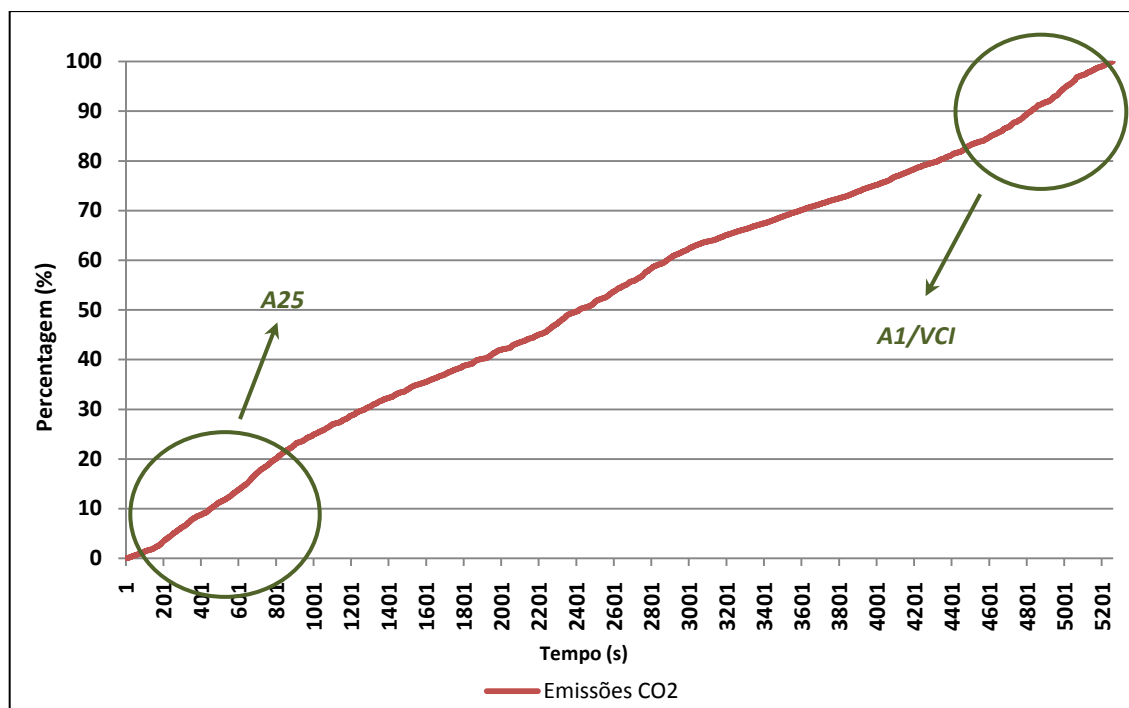


Figura 57: Distribuição acumulativa de emissões de CO₂ em CAP T3 (UA - Amial).

4.2.4. Trajecto CAP T4

O trajecto CAP T4, sendo percorrido em estrada nacional, caracteriza-se por atravessar diversas povoações (por exemplo Estarreja, Espinho, Esmoriz e Gaia) e zonas industriais (Taboeira e Ovar), pelo que é característica comum as paragens devidas a tráfego pedonal e sinalização luminosa. Estes factos acabam por reflectir-se no perfil de velocidades e emissões de CO₂, conforme se comprova na **Figura 58** e **Figura 59**. Destaca-se que este trajecto é o único que implica a travessia de linha ferroviária que, em algumas monitorizações, provocou perda de tempo assinalável.

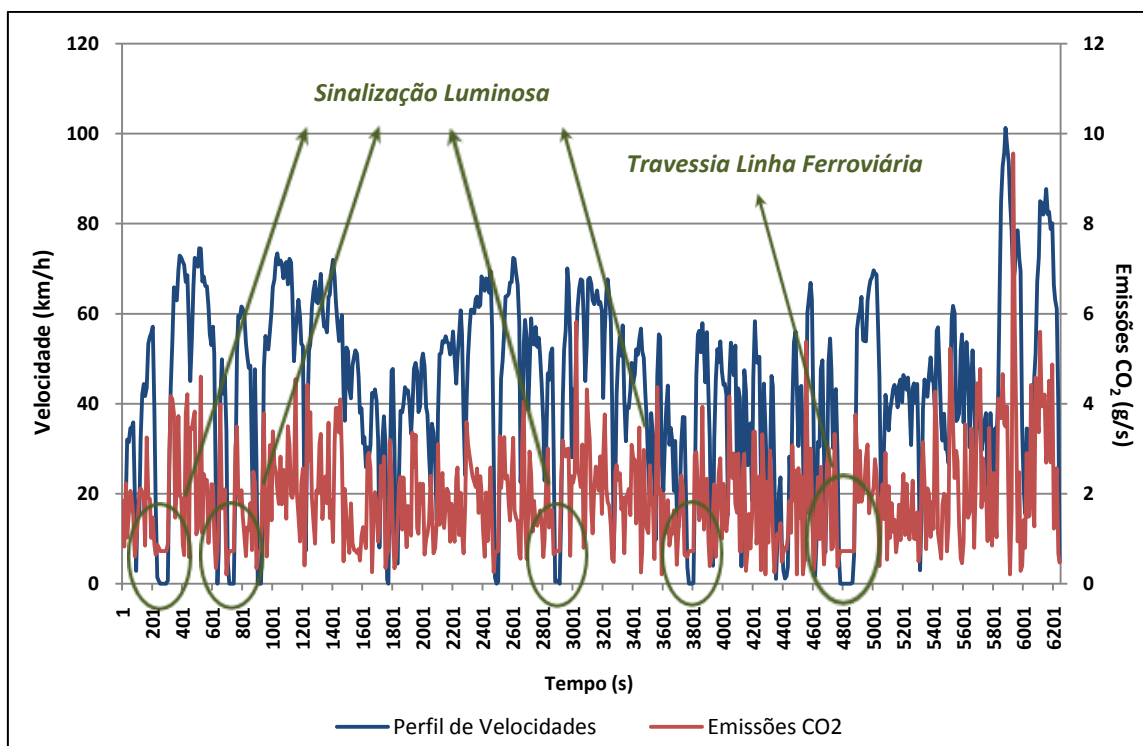


Figura 58: Perfil típico de velocidade e emissões CO₂ CAP T4 (UA - Amial).

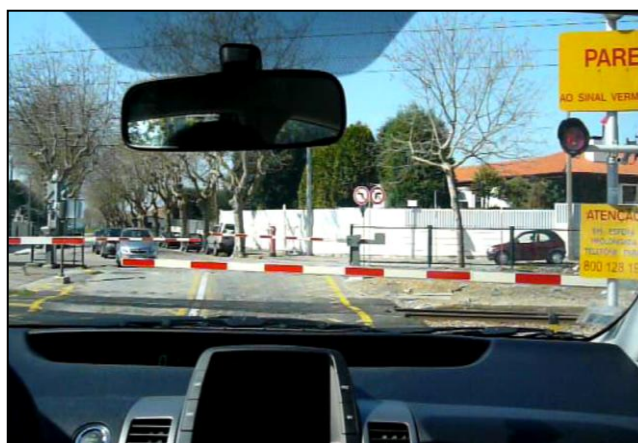


Figura 59: Travessia de linha ferroviária.

Os fenómenos de tráfego pedonal e sinalização adensam-se na zona de Gaia e Porto, contribuindo para a potenciação das emissões de poluentes, conforme se confirma pela **Figura 60**. A esse facto, acresce que na aproximação a Gaia se regista um desnível acentuado (na ordem nos 7% de inclinação média) (**Figura 61**) entre a zona costeira (N109) e o acesso ao Porto (Ponte da Arrábida), o qual também potencia (em subida) as emissões, traduzindo-se num acréscimo de emissões de CO₂ de cerca de 27% para viaturas a gasóleo e 22% para veículos a gasolina.

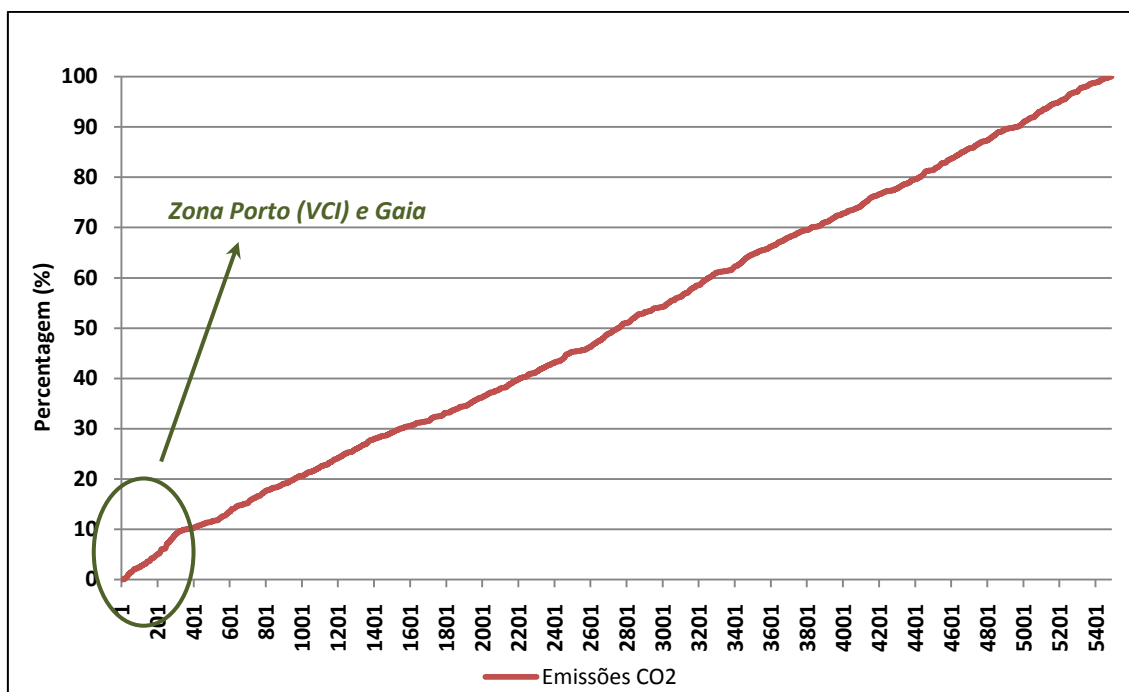


Figura 60: Distribuição acumulada de emissões de CO2 em CAP T4 (Amial - UA).



Figura 61: Desnível em Gaia interligando zona costeira e Arrábida.

4.2.5. Análise Comparativa CAP

Em relação às emissões totais, regista-se algum equilíbrio em relação às diferentes alternativas consideradas, o que fica patente desde a **Figura 62** à **Figura 65**. Todavia, em geral, o percurso CAP T3 assume-se como o mais poluente ao nível do CO₂ (tanto para gasóleo como para gasolina), facto que deverá estar relacionado com o facto de ser o percurso mais longo.

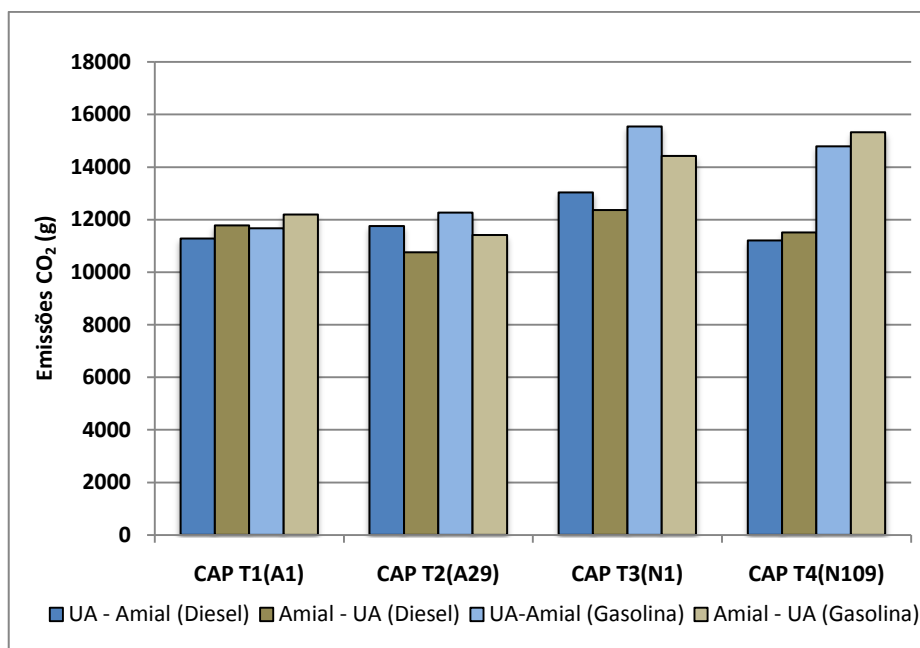


Figura 62: Emissões Médias Totais de CO₂ para o circuito CAP.

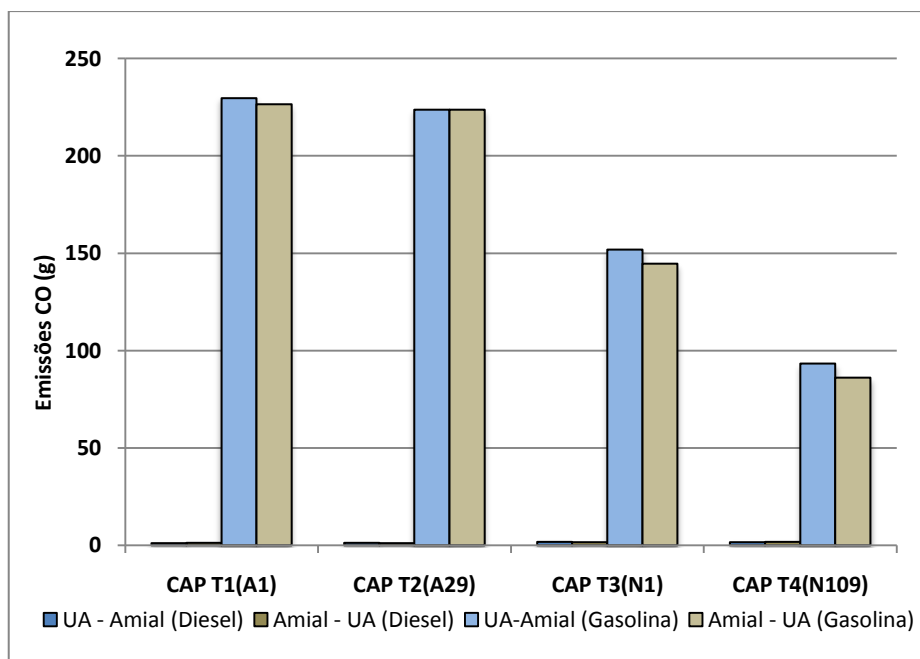


Figura 63: Emissões Médias Totais de CO para o circuito CAP.

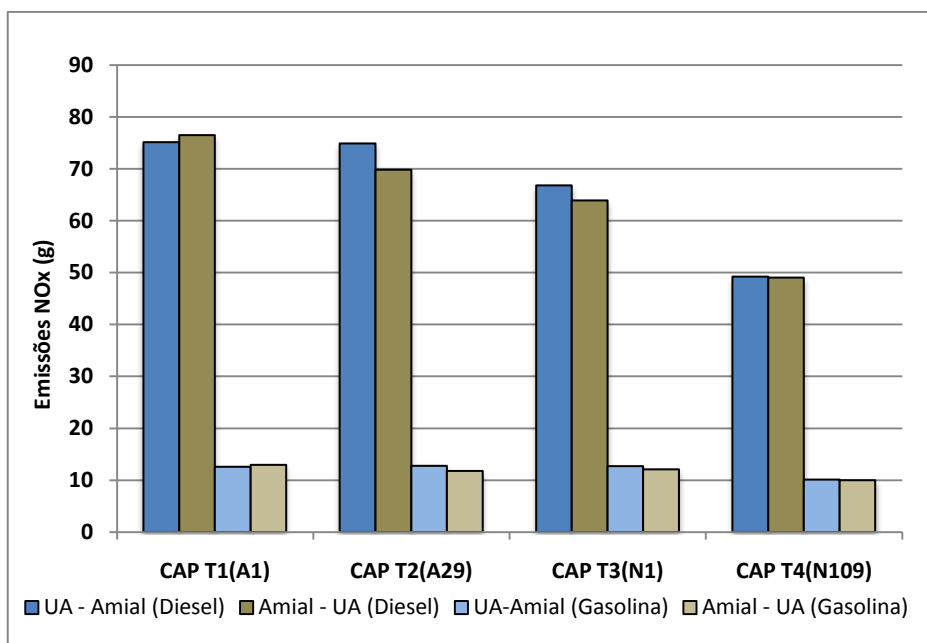


Figura 64: Emissões Médias Totais de NOx para o circuito CAP.

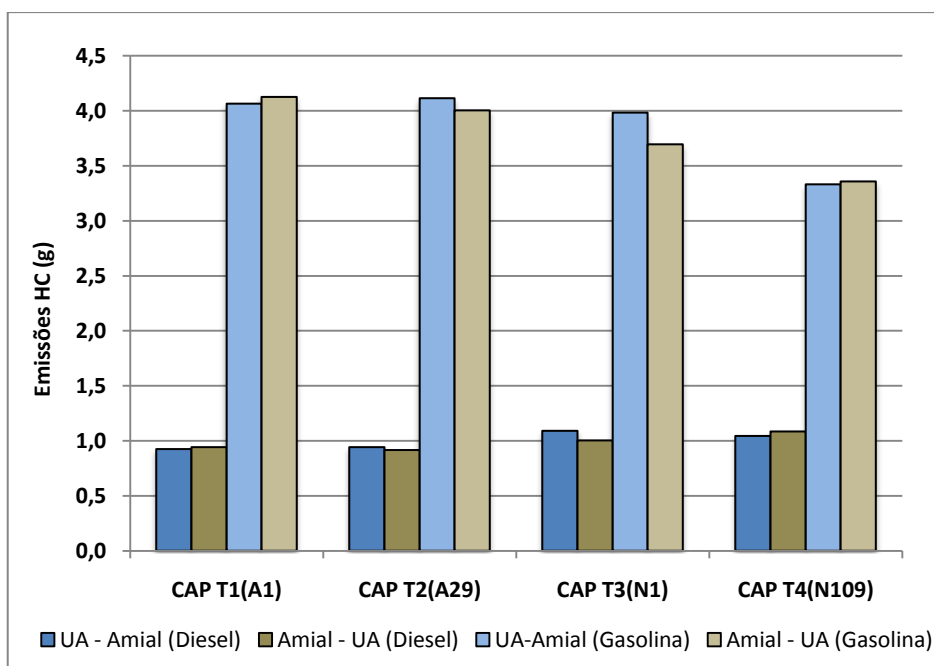


Figura 65: Emissões Médias Totais de HC para o circuito CAP.

Tendo já sido destacado o CO₂ devido à sua importância, é importante distinguir que o CO, NOx e HC apresentam variações significativas em termos relativos face a CAP T3, conforme se tratem de viaturas a gasóleo ou gasolina (**Quadro 24**).

Quadro 24: Comparação percentual emissões totais dos circuitos CAP (base: CAP T3 = 0).

| | Gasóleo | | | | Gasolina | | | |
|--------------------------|-----------------|----|-----|----|-----------------|-----|-----|----|
| | CO ₂ | CO | NOx | HC | CO ₂ | CO | NOx | HC |
| CAP T3/CAP T1 (%) | 10 | 36 | -14 | 13 | 24 | -35 | -3 | -6 |
| CAP T3/CAP T2 (%) | 13 | 35 | -10 | 13 | 26 | -34 | 1 | -5 |
| CAP T3/CAP T4 (%) | 13 | 1 | 33 | 0 | 1 | 66 | 24 | 15 |

Em termos objectivos, do **Quadro 24**, tendo como referência o percurso pela N1 (CAP T3), destacam-se os seguintes factos:

- As emissões de CO₂ de CAP T3 são superiores entre 10% e 26% face aos concorrentes, com particular ênfase face a CAP T1 e CAP T2 em viaturas a gasolina;
- Em relação ao CO e ao HC, as emissões totais são praticamente idênticas entre CAP T3 e CAP T4 em viaturas a gasóleo, sendo mais penalizadoras para o primeiro utilizando viatura a gasolina.
- CAP T3 apresenta menores emissões de NOx face a CAP T1 e CAP T2 mas superiores face a CAP T4 (entre 24 e 33%);

Por outro lado, se a análise for realizada para as emissões por km (**Figura 66 a Figura 69**), a primeira conclusão saliente é a de que há um equilíbrio notório entre as diferentes hipóteses no que toca às emissões de CO₂, principalmente se consideradas viaturas a gasóleo.

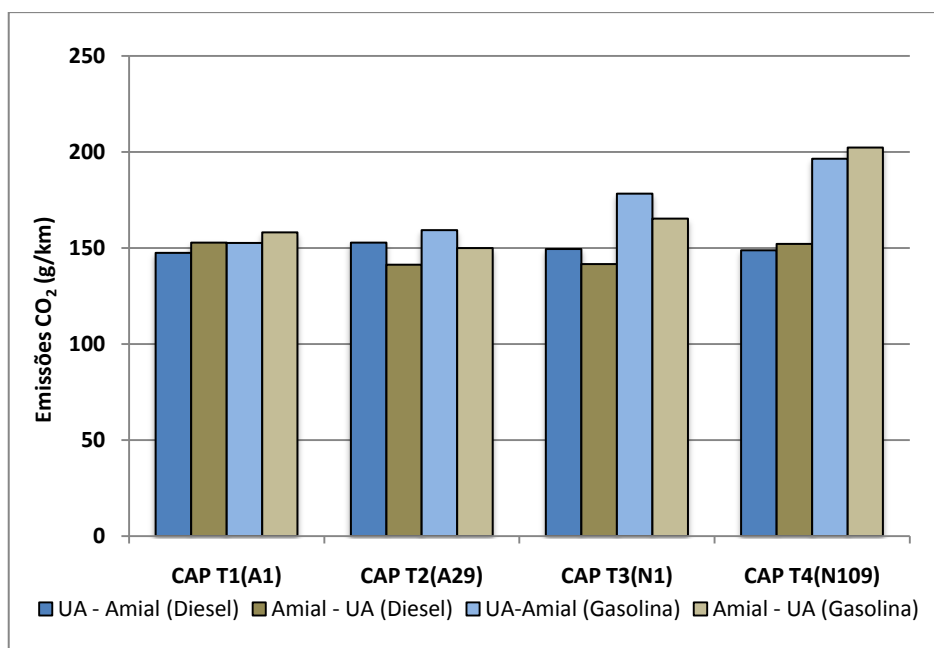


Figura 66: Emissões Médias por Quilómetro de CO₂ para o circuito CAP.

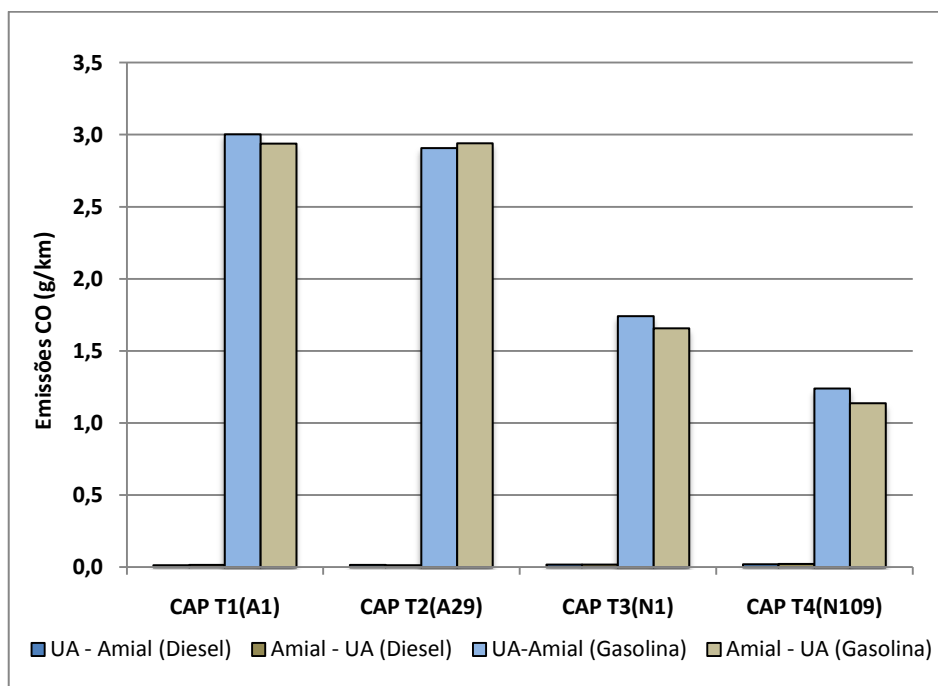


Figura 67: Emissões Médias por Quilómetro de CO para o circuito CAP.

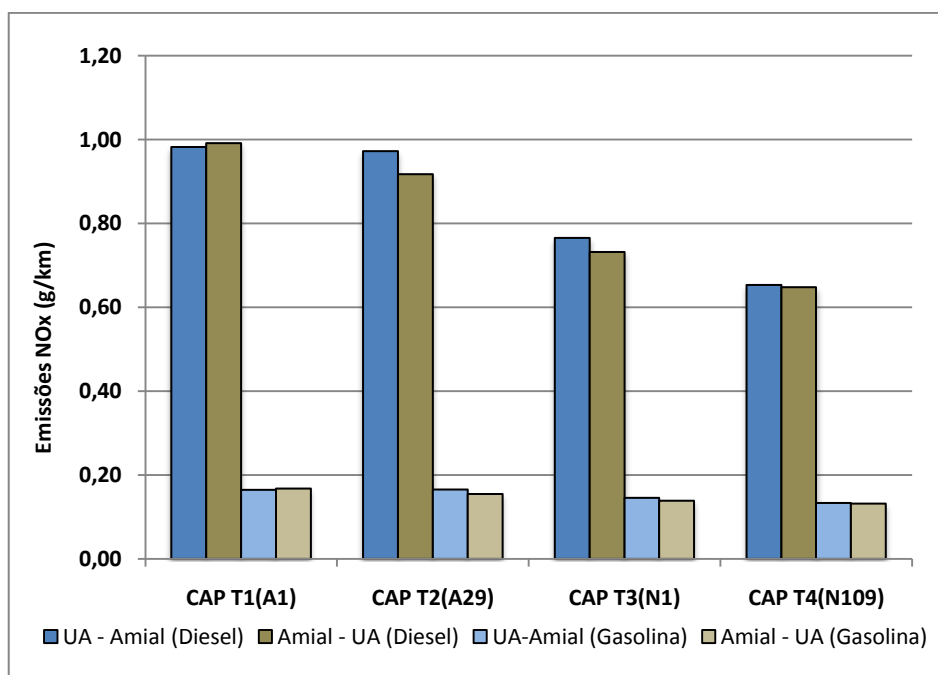


Figura 68: Emissões Médias por Quilómetro de NOx para o circuito CAP.

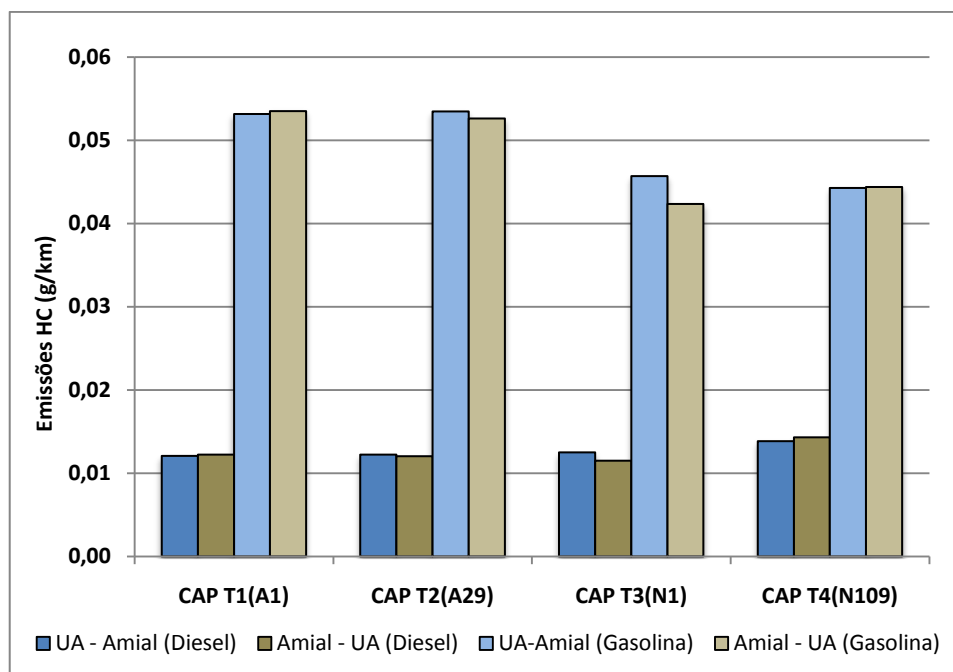


Figura 69: Emissões Médias por Quilómetro de HC para o circuito CAP.

Procurando realizar uma comparação entre os percursos, toma-se como trajecto de referência o CAP T4 (**Quadro 25**), o qual para viaturas a gasóleo apresenta sensivelmente as mesmas emissões de CO₂, sendo, porém, mais gravoso para o mesmo poluente para viaturas a gasolina (mais 15 % a 27%).

Quadro 25: Comparação percentual emissões por quilómetro dos circuitos CAP (base: CAP T4 = 0).

| | Gasóleo | | | | Gasolina | | | |
|-------------------|-----------------|----|-----|----|-----------------|-----|-----|-----|
| | CO ₂ | CO | NOx | HC | CO ₂ | CO | NOx | HC |
| CAP T4/CAP T1 (%) | -1 | 38 | -34 | 14 | 26 | -60 | -20 | -17 |
| CAP T4/CAP T2 (%) | 1 | 36 | -31 | 15 | 27 | -60 | -17 | -16 |
| CAP T4/CAP T3 (%) | 2 | 15 | -13 | 16 | 15 | -31 | -7 | 1 |

A análise das figuras e quadro prévios, permite ainda salientar outros aspectos como:

- O trajecto CAP T4 é o mais penalizador do ponto de vista do CO para viaturas a gasóleo (entre 15% e 38%) e, simultaneamente, o menos penalizador para viaturas a gasolina;
- CAP T4 é o circuito mais vantajoso em termos de emissão de NOx por quilómetro, principalmente face às alternativas em auto-estrada (-31% a -60%);
- Em relação ao HC, tal como se verifica para o CO, o desempenho de CAP T4 face à concorrência é função do tipo de combustível em questão, sendo menos penalizador em viaturas a gasolina e melhor opção para viaturas a gasóleo (face a CAP T1 e CAP T2);

Os Anexos XII a XIV disponibilizam informação resumida complementar acerca das emissões obtidas em cada uma das monitorizações realizadas.

A **Figura 70** pretende relacionar as intersecções (rotundas, cruzamentos e entroncamentos com/sem sinalização luminosa) com as emissões de CO₂. Ao contrário, do que se verifica em CUA, não aparenta haver uma relação quanto a essas variáveis para o conjunto de todas alternativas. Contudo, tal não impede de avançar com duas observações relativamente aos resultados:

- O percurso CAP T1, caracterizado por velocidade média perto dos 100 km/h, essencialmente realizado em auto-estrada e com pouco tráfego, apresenta o maior potencial emissivo;
- Aparenta existir uma correlação entre o crescimento de emissões de CO₂ por quilómetro patente na figura entre CAP T3 e CAP T4 (percursos realizados essencialmente em estrada nacional) e o aumento de intersecções e rotundas nos mesmos trajectos;

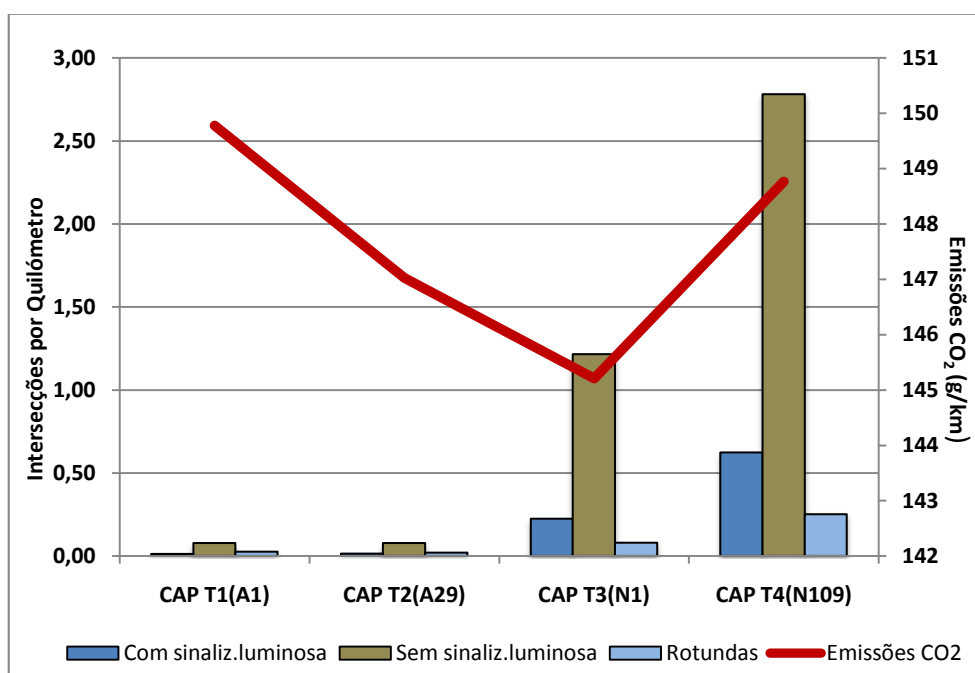


Figura 70: Evolução de fenómenos de intersecção e emissões por quilómetro de CO₂ (CAP).

Ao contrário do que se verificou para o CUA, as durações médias distribuídas pelos diferentes intervalos de tempo considerados, apontam para uma maior duração de percurso entre as 14:00 e as 15:30, ou seja, no período a seguir ao almoço (**Figura 71**). Esta observação é válida para todos os percursos, excepto para CAP T1, o qual, é aliás aquele que apresenta menor congestionamento, contribuindo para uma menor variabilidade de tempo de percurso ao longo do dia.

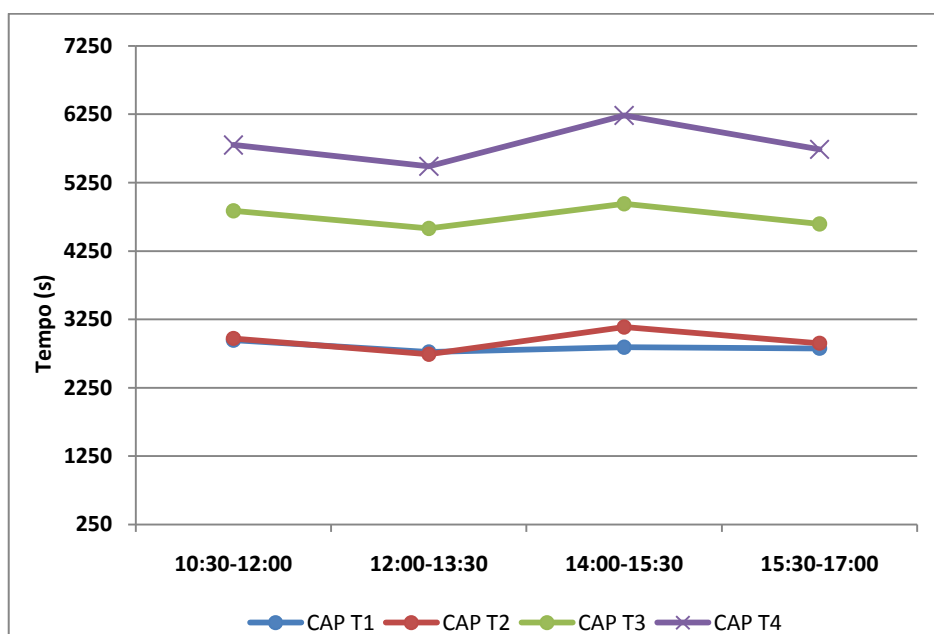


Figura 71: Evolução dos tempos de percurso CAP ao longo de diversos períodos do dia.

Finalizadas as três fases de testes, as médias ponderadas das durações dos diversos trajectos permitem separar claramente CAP T1 e CAP T2 tanto de CAP T3 como de CAP T4. A partir da observação do **Quadro 26**, CAP T1 confirma-se como o mais célere, ainda que com uma diferença não substancial face a CAP T2 (menos 2,4%). No entanto, face a CAP T1 (A1), o utilizador que opte pelos percursos de estrada nacional demorará mais 67,5% (CAP T3) e mais 104% (CAP T4). Estas diferenças reflectem essencialmente as velocidades limites nos percursos, dado que os percursos pela A29 (CUA T2) e A1 (CUA T1) permitem, em quase toda a sua extensão, com velocidades limite de 100 a 120 km/h.

Quadro 26: Durações médias dos percursos CAP (segundos).

| | | | | |
|--------|------------|--------|-------|--------|
| CAP T1 | UA - Amial | 2836,0 | Média | 2851,8 |
| | Amial - UA | 2868,5 | | |
| CAP T2 | UA - Amial | 3055,0 | Média | 2938,0 |
| | Amial - UA | 2821,0 | | |
| CAP T3 | UA - Amial | 4926,0 | Média | 4778,0 |
| | Amial - UA | 4630,0 | | |
| CAP T4 | UA - Amial | 5843,5 | Média | 5817,8 |
| | Amial - UA | 5793,0 | | |

Em virtude dos dados recolhidos na fase experimental, em particular aqueles relativos à duração dos percursos, pode ser introduzida uma breve análise à adequabilidade da aplicação de portagens nas

SCUT (Sem Custo para o Utilizador), concretamente na A29 (CAP T2). De acordo com MOPTC (2006), um dos critérios estabelecidos para implementação de portagens será: "Foi assumido um índice de referência de 1,3x, valor a partir do qual se considerou que as vias alternativas à SCUT não constituem uma oferta razoável em termos do rede rodoviária local e regional.". Além disso, de forma a clarificar o critério, é também estabelecido: "A observação deste critério tem por base um indicador que evidencia, em zonas servidas pelas concessões rodoviárias operadas em regime SCUT, a relação entre tempo de percurso nas vias alternativas e tempo de percurso da SCUT, ou seja, o valor obtido representa o número de vezes em que o tempo de percurso da via alternativa é superior ao tempo de percurso na SCUT." Assim, com base nas médias expressas no **Quadro 26**, é possível aferir sobre o cumprimento do índice de referência mencionado das alternativas face à A29, ou seja, de CAP T1, CAP T3 e CAP T4 face a CAP T2 (**Quadro 27**).

Quadro 27: Comparação relativa de duração trajecto CAP T2 face às alternativas.

| <i>Duração CAP T2 vs. Alternativas</i> | |
|--|------|
| CAP T2 vs. CAP T1 | 0,97 |
| CAP T2 vs. CAP T3 | 1,63 |
| CAP T2 vs. CAP T4 | 1,98 |

A análise conjunta da **Quadro 27** e da exposição realizada previamente, permite tecer as seguintes considerações:

- Especificamente em relação às vias alternativas realizadas, maioritariamente, em estradas nacionais (CAP T3 e CAP T4), não é cumprido, de longe, o critério de duração especificado para aplicação de portagem;
- Em relação à comparação com CAP T1 (A1), cumprindo-se o critério, fica por esclarecer se este tipo de via (auto-estrada) se pode inserir na classificação de "rede rodoviária local e regional". Além disso, o documento consultado também não especifica se vias alternativas com pagamento de portagem (caso da A1), se constitui como via alternativa válida para este tipo de análise;
- A análise efectuada é meramente indicativa, uma vez que os trajectos estudados não englobam em exclusivo a extensão quer da A29, quer das respectivas alternativas. Em todo o caso, sendo a maior parte do trajecto realizado nas vias que se pretendem comparar, esta aproximação pode ser considerada como bastante fiável;

No que diz respeito à variabilidade das durações de percurso (**Quadro 28**), verifica-se, sem surpresa, que CAP T1 se apresenta como aquele que apresenta menor desfasamento. De alguma forma, estes resultados vêm ao encontro da observação efectuada em relação à menor variabilidade de duração de CAP T1 ao longo do dia. O percurso CAP T4 apresenta uma variabilidade superior a CAP T1 (mas inferior

às restantes alternativas), tendo-se verificado que dificilmente se efectua fora do intervalo de duração compreendido entre 1h30m e 1h40m. Curiosamente, o trajecto CAP T2 apresenta a maior variabilidade, o que se poderá dever, no âmbito dos testes realizados, ao facto de se terem verificado acidentes no decurso de duas das monitorizações efectuadas.

Quadro 28: Variabilidades de duração de percursos CAP (segundos).

| | | | | |
|--------|------------|-------|-------|-------|
| CAP T1 | UA - Amial | 86,9 | Média | 82,2 |
| | Amial - UA | 77,4 | | |
| CAP T2 | UA - Amial | 386,5 | Média | 329,9 |
| | Amial - UA | 273,3 | | |
| CAP T3 | UA - Amial | 157,5 | Média | 240,2 |
| | Amial - UA | 322,8 | | |
| CAP T4 | UA - Amial | 187,4 | Média | 182,2 |
| | Amial - UA | 177,3 | | |

As variabilidades de velocidades médias apresentam CAP T1 e CAP T4 como os percursos mais favoráveis, embora seja CAP T4 aquele que garante a menor variabilidade. Tal como para os tempos de percurso, a maior variabilidade de velocidades médias recai, de longe, sobre CAP T2 (**Quadro 29**).

Quadro 29: Variabilidades das velocidades médias nos percursos CAP (km/h).

| | | | | |
|--------|------------|-----|-------|-----|
| CAP T1 | UA - Amial | 2,8 | Média | 2,7 |
| | Amial - UA | 2,7 | | |
| CAP T2 | UA - Amial | 9,0 | Média | 8,3 |
| | Amial - UA | 7,7 | | |
| CAP T3 | UA - Amial | 1,7 | Média | 2,9 |
| | Amial - UA | 4,2 | | |
| CAP T4 | UA - Amial | 1,4 | Média | 1,4 |
| | Amial - UA | 1,5 | | |

4.2.6. Avaliação com Condutor ou Viatura Alternativos (CAP)

Do mesmo modo que foi realizado para o CUA, também o CAP foi sujeito a três fases de testes, de forma a avaliar o efeito da mudança de condutor e alteração de viatura em separado. Mais uma vez, foram determinados os desvios percentuais de diversos indicadores (duração, velocidade média, emissões/km para gasóleo, emissões/km para gasolina) da Fase 2 (condutor alternativo) face à Fase 1 e da Fase 3 (viatura alternativa). Os resultados obtidos encontram-se expressos no **Quadro 30** e **Quadro 31**.

Quadro 30: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 2 e Fase 1 (CAP).

| | Duração | Vel.Média | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------|---------|-----------|--------------------------|----|-----------------|----|---------------------------|----|-----------------|----|
| | | | CO ₂ | CO | NO _x | HC | CO ₂ | CO | NO _x | HC |
| CAP T1 | 2 | -2 | 0 | -2 | 3 | 5 | 1 | 9 | 2 | 5 |
| CAP T2 | 10 | -7 | 2 | -3 | 7 | 11 | 4 | 15 | 5 | 11 |
| CAP T3 | 2 | -2 | 3 | -3 | 13 | 10 | 3 | 31 | 8 | 14 |
| CAP T4 | 0 | 0 | 0 | -1 | 2 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 |

Em relação à duração dos trajectos em questão, com excepção daquele que utiliza a A29 como via essencial (CAP T2), as variações são marginais. Note-se ainda, que a variação de 10% no tempo de percurso em CAP T2 se fica a dever ao facto de a simulação com condutor alternativo ter registado um acidente que resultou em formação de fila e tráfego lento. Estas relações são também válidas para análise da velocidade média.

Quanto às emissões, sublinha-se ainda:

- Emissões/km Gasóleo:
 - ✓ CAP T1: não se registam grandes variações nas emissões, com excepção das emissões de HC (sobem 5%);
 - ✓ CAP T2: destacam-se aumento de emissões de NO_x (7%) e de HC (11%);
 - ✓ CAP T3: destacam-se aumento de emissões de NO_x (13%) e de HC (10%);
 - ✓ CAP T4: não se registam variações significativas;
- Emissões/km Gasolina:
 - ✓ CAP T1: aumento de todas as emissões poluentes, com destaque para CO (9%) e HC (5%);
 - ✓ CAP T2: aumento de todas as emissões poluentes, com destaque para CO₂ (4%) e CO (15%);
 - ✓ CAP T3: aumento de todas as emissões poluentes, compreendido entre 3% (CO₂) e 31% (CO);
 - ✓ CAP T4: não se registam alterações significativas, com excepção do aumento de 4% das emissões de CO;

Em resumo, a mudança de condutor resultou num aumento das emissões, sem que tal se tenha repercutido numa variação relevante dos tempos e velocidades médias de viagem. A excepção, conforme já se referiu e explicação, ocorre em CAP T2.

Quadro 31: Comparação percentual de indicadores relativos a Fase 3 e Fase 1 (CAP).

| | Duração | Vel.Média | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------|---------|-----------|--------------------------|----|-----------------|-----|---------------------------|-----|-----------------|-----|
| | | | CO ₂ | CO | NO _x | HC | CO ₂ | CO | NO _x | HC |
| CAP T1 | 5 | -5 | -5 | 8 | -16 | -12 | -3 | -28 | -12 | -17 |
| CAP T2 | 8 | -6 | -2 | 6 | -10 | -5 | 0 | -17 | -7 | -10 |
| CAP T3 | -2 | 1 | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -3 | -2 | -3 |
| CAP T4 | -4 | 4 | -4 | -4 | -5 | -29 | -4 | -8 | -5 | -5 |

No que toca à duração e velocidades médias dos percursos, evidenciam-se tendências distintas. Por um lado, os percursos que têm como vias primordiais auto-estradas (casos de CAP T1 e CAP T2), apresentam-se mais lentos e demorados. Os percursos essencialmente percorridos em estrada nacional (CAP T3 e CAP T4) realizaram-se mais rapidamente, ainda que de forma quase marginal.

Quanto às emissões de poluentes, destaca-se:

- Emissões/km Gasóleo:
 - ✓ CAP T1: exceptuando o CO (cujas emissões sobem 8%), as restantes emissões decrescem entre 5% (CO₂) e 16% (NO_x);
 - ✓ CAP T2: exceptuando o CO (cujas emissões sobem 6%), as restantes emissões decrescem entre 2% (CO₂) e 10% (NO_x);
 - ✓ CAP T3: não se registam alterações significativas;
 - ✓ CAP T4: diminuição de todas as emissões poluentes, compreendidas entre 4% (CO₂) e 29% (CO);
- Emissões/km Gasolina:
 - ✓ CAP T1: diminuição de todas as emissões de poluentes, compreendidas entre 4% (CO) e 29% (HC);
 - ✓ CAP T2: embora as emissões de CO₂ se mantenham estáveis, as restantes registam diminuições compreendidas entre 7% (NO_x) e 17% (CO);
 - ✓ CAP T3: regista-se uma ténue diminuição de todas as emissões;

- ✓ CAP T4: diminuição de todas as emissões poluentes, compreendidas entre 4% (CO₂) e 8% (CO);

Em relação à mudança de viatura, pode-se afirmar que esta levou a uma diminuição generalizada das emissões dos diversos poluentes, sem que se registem alterações importantes nos tempos de percurso obtidos. Na **Figura 72** apresenta-se a ocorrência de modos VSP para as Fases 1 e 3, visando avaliar o que poderá potenciar a variação de emissões registada.

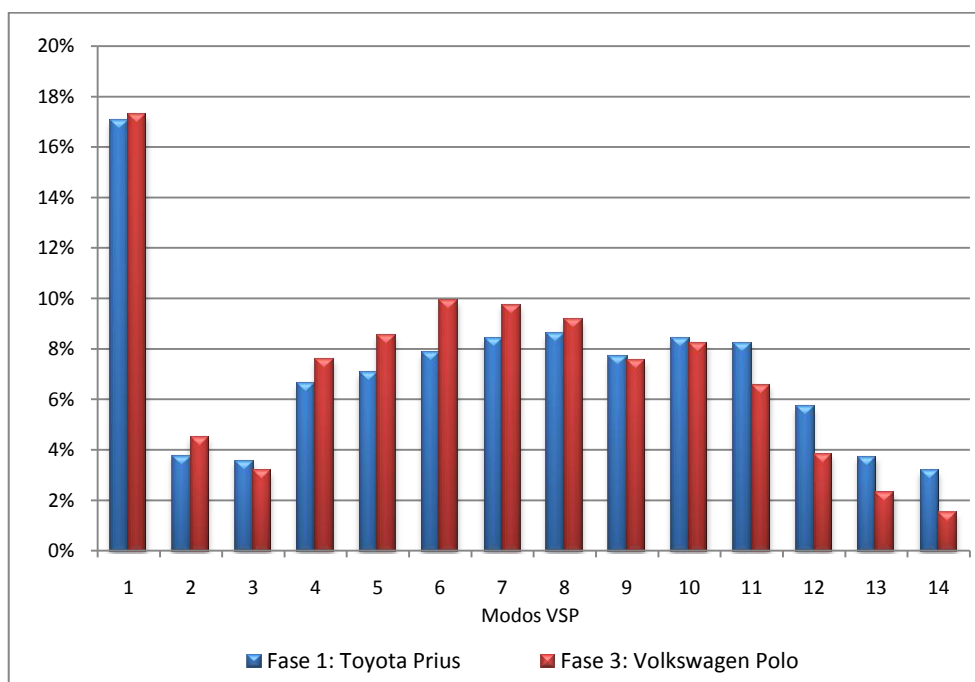


Figura 72: Ocorrência relativa de modos VSP em CAP (Fases 1 e 3)

A análise das percentagens de modos VSP ocorridas em cada uma das fases permite associar as menores emissões à diminuição de ocorrência de modos VSP 11-14. Parece registar-se uma transferência de modos VSP da gama 11-14 (Fase 1) para a gama 4-8 (Fase 3). Esta tendência pode indicar uma condução mais suave (menores acelerações/desacelerações), resultado tanto do maior conhecimento dos percursos efectuados como da própria viatura.

4.2.7. Classificação CAP

As classificações obtidas para o conjunto de trajectos CAP apresentam-se no **Quadro 32**, de modo semelhante ao realizado para o circuito CUA. O Anexo XVII disponibiliza informação complementar.

Quadro 32: Resultados da comparação entre os diferentes trajectos no circuito CAP.

| | Tempo Percurso | Distância Total | Emissões CO2 | Variab. Tempo Percurso | Variabilidade Vel. Média | Variabilidade Emissões CO2 | Conservação | Singularidades | Incidentes | Custo |
|-------------------|----------------|-----------------|--------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|----------------|------------|-------|
| CAP T1 UA - Amial | ★★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | 🕒 |
| CAP T1 Amial - UA | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★ |
| CAP T2 UA - Amial | ★★★★ | ★★★★ | ★★★ | 🕒 | 🕒 | 🕒 | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ |
| CAP T2 Amial - UA | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★★ | ★★ | ★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★★★ |
| CAP T3 UA - Amial | ★★ | ★ | 🕒 | ★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★ | ★★ | ★★ | ★★★ |
| CAP T3 Amial - UA | ★★ | 🕒 | ★ | ★ | ★★★ | ★ | ★★★ | ★★ | ★★ | ★★★★ |
| CAP T4 UA - Amial | 🕒 | ★★★★★ | ★★ | ★★★★ | ★★★★★ | ★★★ | 🕒 | ★ | ★ | ★★★★ |
| CAP T4 Amial - UA | ★ | ★★★★ | ★★ | ★★★★ | ★★★★ | ★★★ | ★ | 🕒 | ★ | ★★★★ |

Legenda: 🕒 - Mínimo ★★★★★ - Máximo

Em primeiro lugar, em relação aos resultados obtidos para o CAP, oferece-se dizer que, regra geral, as diferenças registadas nos dois sentidos de circulação se esbatem. Enquanto para o CUA, pequenas diferenças nas distâncias dos trajectos influem significativamente nos resultados, para o CAP (distâncias de percurso maiores) essas diferenças não se reflectem nos resultados das categorias avaliadas.

O circuito CAP T1 (A1) é relativamente fácil de analisar, uma vez que os resultados verificados nas diferentes classes de avaliação revelam um padrão bastante regular. Na realidade, apresenta-se como um circuito competitivo em várias categorias como comprova o facto de obter quatro a cinco estrelas em nove das dez vertentes em estudo. Este facto, em geral, reproduz as vantagens da utilização de auto-estrada como sejam a qualidade do pavimento (categoria conservação), pouca sinalização e inexistência de rotundas (categoria singularidades) ou rapidez do trajecto (categoria tempo de percurso). Contudo, deve ser ressalvada a questão do custo como uma desvantagem importante no sentido da selecção deste trajecto, o que se fica a dever ao facto de ser o único que prevê o pagamento de portagem (3,15€).

À semelhança de CAP T2 (A29), este trajecto é, em grande medida, percorrido em auto-estrada, pelo que as suas classificações reflectem a maior parte das vantagens descritas para CAP T1. Além disso, este percurso fornece ainda uma vantagem fundamental ao nível do custo, dado que, à data da realização das monitorizações, a circulação na A29 não implica nenhum custo adicional ao nível das portagens. Por outro lado, não só comparativamente a CAP T1, mas também face à restante concorrência, CAP T2 assume-se o percurso com maior variabilidade de tempos de percurso. De alguma forma, este último facto justifica-se pela ocorrência de acidentes durante a realização das monitorizações e presença bastante acentuada de tráfego de pesados na A29.

Analisando o trajecto CAP T3 (N1), em termos comparativos, não se distinguem vantagens muito óbvias. Mesmo ao nível do custo, a sua boa classificação (três a quatro estrelas) reflecte somente a diferença face a CAP T1, perdendo ligeiramente para os restantes. Outro aspecto que se destaca nos

resultados relativos a este trajecto é o facto de a sua realização em sentidos opostos ter conduzido a uma classificação muito divergente ao nível da variabilidade de emissões de CO₂, não se oferecendo nenhuma razão clara para o sucedido. No que se refere ao estado de conservação e aos singularidades, CAP T3 obtém uma classificação intermédia, o que, no fundo, expressa que é melhor opção face à alternativa em estrada nacional (CAP T4) mas pior escolha que os percursos em auto-estrada (CAP T1 e CAP T2). Por fim, saliente-se ainda que este percurso é francamente prejudicial no que respeita à distância de percurso (dado que implica percorrer cerca de mais 10 km do que as alternativas) e, em função disso, apresenta desvantagens ao nível das emissões totais de CO₂.

A opção CAP T4 (N109) é o trajecto mais curto, ainda que não de forma substancial face às alternativas em auto-estrada, o que lhe confere vantagem na categoria de distância total. Em contrapartida, e mesmo sendo o mais curto dos trajectos, é a mais lenta das alternativas. Esta morosidade relaciona-se com a velocidade limitada quer pelos trâmites legais, quer pelo estado do pavimento (conservação) e passagem por povoações (com implicações ao nível dos incidentes e singularidades). No entanto, pesem as desvantagens expostas, CAP T4 apresenta-se muito consistente ao nível dos tempos de percurso (apenas menos fiável que CAP T1) e das emissões de CO₂.

5. Conclusões e Trabalho Futuro

Na fase final desta Dissertação será realizada uma avaliação sobre os objectivos propostos, comparando-os com os resultados finais obtidos. Por outro lado, será efectuada uma breve reflexão acerca de potenciais desenvolvimentos ao trabalho iniciado.

O objectivo principal deste trabalho passou pela determinação e análise de emissões poluentes em circuitos de trajectos alternativos, recorrendo à recolha de dados dinâmicos de veículos rodoviários ligeiros. Adicionalmente afigura-se justo salientar que outros objectivos foram delineados a partir do desígnio inicial. Em concreto, destacam-se a caracterização pormenorizada das vias estudadas (quer através de gravação vídeo, quer através de registos no decurso das monitorizações) e criação de um conjunto de parâmetros para classificação comparativa das diferentes alternativas. A disponibilidade da Toyota Salvador Caetano no tocante ao empréstimo da viatura *Toyota Prius*, bem como a planificação atempada dos trabalhos permitiu atingir as metas traçadas de forma satisfatória, tendo, inclusivamente, sido possível realizar três fases de testes, superando as expectativas iniciais. Este volume de testes realizados para os circuitos em questão, Circuito Urbano de Aveiro e Circuito Aveiro - Porto, facilitou a referida caracterização dos trajectos, fundamental à compreensão dos resultados obtidos através da metodologia VSP. Além disso, possibilitou a repetição dos trajectos tanto com um condutor alternativo, como com uma viatura alternativa, facto que permitiu analisar a influência de tais variáveis ao nível de emissões poluentes. Assim, em função do exposto neste parágrafo, considera-se que os objectivos foram plenamente atingidos.

Em relação às conclusões que frutificaram da análise dos resultados dos testes experimentais, destacam-se as seguintes:

- Os trajectos urbanos analisados (pertencentes ao CUA) , são influenciados, do ponto de vista do acréscimo de emissões, principalmente pelo pára-arranca, intersecções e sinalização, o que se afigura consistente com os resultados obtidos por Coelho (2005);
- O recurso a alternativas que permitam a utilização de vias com perfis de velocidade entre os 50 e 70 km/h (como as estradas nacionais) aparentam ser favoráveis do ponto de vista ambiental face a auto-estradas e a trajectos citadinos;
- As diversas hipóteses de interligação entre duas localizações específicas foram avaliadas em ambos os sentidos, tendo-se verificado que quanto maior a distância entre o locais de partida e chegada, mais se esbatem as diferenças nos resultados entre um dado sentido de percurso e o seu inverso;
- Em média, os trajectos estritamente citadinos (como CUA T3) apresentam emissões de poluentes por quilómetro superiores a alternativas mistas, isto é, trajectos como percurso citadino e auto-estrada/estrada nacional (como CUA T1/CUA T2). Quantitativamente, tal pode concretizar-se até em mais 50% de emissões de CO₂, mais

30% de CO, mais 29% de NOx e 63% de HC. Acrescente-se ainda que o CO em concreto apresenta um padrão comportamental algo irregular, o que se fica a dever à sua elevada sensibilidade a acelerações e desacelerações;

- Os circuitos citadinos tendem também a limitar as velocidades médias, quer devido ao limite de velocidade, quer devido às incidências de maiores volumes de tráfego e existência de estacionamento irregular, o que leva a maior demora na sua realização;
- Os trajectos Aveiro - Porto, do ponto de vista de tráfego parecem ser fortemente influenciados pela existência de portagem, sendo a A1 (CAP T1) a via menos congestionada;
- Os percursos essencialmente realizados em auto-estrada (como CAP T1 e CAP T2) sofrem picos emissivos nas zonas de aceleração até velocidade de cruzeiro, como sejam zonas de portagem e zonas de transição entre auto-estradas (A44-A1, A29-A44 ou A25-A1);
- De um modo geral, os percursos CAP realizados em diferentes horários, permitem apontar, ainda que de modo não muito acentuado, o período pós almoço (14:00-15:30) como o mais demorado para realização dos trajectos;
- Os percursos realizados por auto-estrada entre Aveiro e Porto revelam-se significativamente mais céleres que as suas alternativas em estrada nacional, estimando-se que a diferença se possa situar em cerca de 104% entre a CAP T1 (A1) e CAP T4 (N109);
- Os trajectos CAP em estrada nacional (CAP T3 e CAP T4) revelaram-se mais penalizadores em termos de emissões de CO₂ mas menos gravosos ao nível de NOx por comparação aos trajectos em auto-estrada;
- Em qualquer um do conjunto de trajectos analisados, a alteração de condutor traduziu-se em variações de emissões de NOx e HC (mormente em auto-estrada);
- As emissões de NOx e HC revelaram-se também como as mais sensíveis à mudança de viatura. Esta alteração também se reflecte nos tempos de percurso, com variações que poderão chegar a 17%.

Considera-se também ajustado reflectir rapidamente sobre algumas dificuldades a levar em linha de conta neste género de Dissertações, caracterizadas por um forte vertente prática. A atempada organização da fase experimental é fundamental, uma vez que existem algumas imponderabilidades que podem ocorrer pontualmente, nomeadamente: condições climáticas desfavoráveis, memória cheia de dispositivo GPS, disponibilidade limitada de viatura ou acidentes rodoviários. Embora no decurso desta

Dissertação não se tenham registado adversidades significativas, a boa planificação é essencial à prevenção de problemas, como a repetição de testes com os respectivos custos associados.

A hipotética continuação deste trabalho ou outro de índole semelhante poder-se-á realizar procurando desenvolver diversas questões relacionadas com a presente Dissertação. Assim, alguns dos aspectos que seriam úteis no desenvolvimento futuro desta área temática são:

- Realização de testes em moldes semelhantes ao efectuados mas privilegiando horários de ponta, por exemplo, entre as 7:30 e 9:00 ou entre 17:30 e 18:30. Isto poderia permitir a análise temporal da variação das emissões em função do aumento de tráfego e de pára-arranca. No âmbito desta Dissertação, em função das limitações de disponibilidade horária do veículo *Toyota Prius*, não foi possível realizar medições nos períodos referidos;
- Tendo a revisão bibliográfica indicado uma carência de estudos afectos aos factores mais relevantes para os condutores na perspectiva de selecção de rotas, seria interessante a realização de um inquérito ou de um estudo mais vasto sobre esta temática. A valorização relativa de factores de escolha de rota seria fundamental para estabelecer um indicador quantitativo ponderado para classificar um conjunto de rotas alternativas (como os trajectos CUA e CAP);
- No âmbito de caracterização dos trajectos, embora muitos aspectos tenham sido abordados e congregada uma quantidade assinalável de informação, seria interessante recolher dados objectivos sobre dois aspectos essenciais:
 - ✓ Volume de tráfego nas vias analisadas;
 - ✓ Registos oficiais de acidentes (sinistralidade);
- Avaliação de rotas alternativas urbanas numa cidade de maior dimensão face a Aveiro (por exemplo Porto), dado que as características das vias alternativas bem como o volume de tráfego poderão conduzir a resultados mais distintos por comparação aos obtidos para Aveiro;
- Confirmando-se a aplicação de portagem na A29, será curioso realizar nova avaliação dos trajectos CAP, uma vez que será previsível uma transferência significativa ao nível do tráfego da A29 para as suas alternativas. Isso deverá ter um reflexo importante quer nas emissões, quer nas durações e variabilidades dos percursos.

6. Referências Bibliográficas

- Abdel-Aty, M.A., Abdalla, M.F., 2006. Examination of multiple mode/route-choice paradigms under ATIS. *Journal of IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 7, 332 - 348.
- Ahn, K., Rakha, H., 2008. The effects of route choice decisions on vehicle energy consumption and emissions. *Transportation Research Part D* 13, 151 - 167.
- Bierlaire, M., Frejinger, E., 2008. Route choice modeling with network-free data. *Transportation Research Part C* 16, 187 - 198.
- Choi, H.-W., Frey, H.C., 2009. Light duty gasoline vehicle emission factors at high transient and constant speeds for short road segments. *Transportation Research Part D* 14, 610 - 614.
- Coelho, F.P., Marques, H., Gaspar, M., Teixeira, J., Marques, Z., 2006. Lisboa: o desafio da mobilidade. Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa.
- Coelho, M.C., 2005. Assessment and Modeling of Traffic Performance and Emission Impacts of Traffic Interruptions in Urban Corridors. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 296 pp.
- Coelho, M.C., 2009. Capítulo II - Situação Actual dos Transportes. Elementos de estudo da Disciplina "Energia, Mobilidade e Transportes", Universidade de Aveiro.
- Coelho, M.C., Frey, H.C., Rouphail, N.M., Zhai, H., Pelkmans, L., 2009. Assessing methods for comparing emissions from gasoline and diesel light-duty vehicles on microscale measurements. *Transportation Research Part D* 14, 91 - 99.
- DGGE, 2010. Preço dos Combustíveis Online - Informação ao Consumidor. <http://www.precoscombustiveis.dgge.pt/>, acedido em 15-05-2011.
- Doherty, S.T., Miller, E.J., 2000. A computerized household activity scheduling survey. *Transportation*, 27, 75 - 97.
- Du, J., Aultman-Hall, L., 2007. Increasing the accuracy of trip rate information from passive multi-day GPS travel datasets: Automatic trip end identification issues. *Transportation Research Part A* 41, 220 - 232.
- EEA, 2010. Greenhouse gas emissions in the EU-27 by main source activity, 2007. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/greenhouse-gas-emissions-in-the-eu27-by-main-source-activity-2007>, acedido em 02-06-2010.
- Frey, H.C., Rouphail, N.M., Zhai, H., 2006. Speed and Facility-Specific Emission Estimates for On-Road Light-Duty Vehicles based on Real-World Speed Profiles. *Transportation Research Record* 1987, 128 - 137.
- Frey, H.C., Rouphail, N.M., Zhai, H., Farias, T.L., Gonçalves, G.A., 2007. Comparing real-world fuel consumption for diesel and hydrogen fuel transit buses and implication for emissions. *Transportation Research Part D* 12, 281 - 291.
- Frey, H.C., Zhang, K., Rouphail, N.M., 2008. Fuel Use and Emissions Comparisons for Alternative Routes, Time of Day, Road Grade, and Vehicles Based on In-Use Measurements. *Environmental Science & Technology* 42, 2483 - 2489.

Frey, H.C., Zhang, K., Roupail, N.M., 2010. Vehicle-Specific Emissions Modeling Based upon on-Road Measurements. *Environmental Science & Technology* 44, 3594 - 3600.

Fruin, J.J., 1971. *Pedestrian Planning and Design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc., Nova Iorque.

Gkatzoflias, D., Kouridis, C., Ntziachristos, L., Samaras, Z., 2007. COPERT 4 (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport) - User's Manual (Version 5.0). Aristotle University Thessaloniki/European Environment Agency.

Golledge, R.G., Garling, T., 2002. *Transportation systems planning: Methods and applications, Spatial behavior in transportation modeling and planning*. CRC Press, New York.

Golledge, R.G., Stimson, R.J., 1997. *Spatial Behavior: A geographic perspective, Decision making and choice behavior models*. Guilford Press, New York, pp. 31 - 70.

Google Inc., 2010. Google Earth.

Horton, F.E., Reynolds, D.R., 1971. Effects of urban spatial structure on individual behavior. *Economic Geography*, 47, 36 - 48.

Hunt, J.D., Abraham, J.E., 2007. Influences on bicycle use. *Transportation*, 34, 453 - 470.

IMTT, 2008a. *Passageiros Transportados Por Modos - Transporte Interno e Internacional*. Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres.

IMTT, 2008b. *Veículos de Passageiros em Circulação*. Instituto Mobilidade e Transportes Terrestres.

INE, 2000. *Mobilidade Casa - Trabalho da População Empregada Residente na Área Metropolitana do Porto*. Instituto Nacional de Estatística, Porto.

Jimenez-Palacios, J., 1999. Understanding and quantifying motor vehicle emissions with vehicle specific power and TILDAS remote sensing, Department of Mechanical Engineering. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

Julião, R.P., 2008. *Infraestruturas, Transportes e Acessibilidades na AML*. http://www.aml.pt/webstatic/actividades/smig/atlas/_docs/atlas_12.pdf, acedido em 03-05-2010.

Liu, H., He, K., Wang, Q., Huo, H., Lents, J., Davis, N., Nikkila, N., Chen, C., Osses, M., He, C., 2007. Comparison of vehicle activity and emission inventory between Beijing and Shanghai. *Journal of the Air & Waste Management Association*.

MOPTC, 2006. O regime SCUT enquanto instrumento de correcção de assimetrias regionais. www.moptc.pt/tempfiles/20061019155457moptc.ppt, acedido em 16-05-2010.

Murakami, E., Wagner, D.P., 1999. Can using Global Positioning System (GPS) improve trip reporting? *Transportation Research Part C* 7, 149 - 165.

NCSU, 2002. *Methodology for Developing Modal Emission Rates for EPA's Multi-Scale Motor Vehicle & Equipment Emission System*. Publication EPA 420-R-02-027. North Carolina State University for US Environmental Protection Agency, Ann Harbor.

Oliveira, C., Rodrigues, D., 2001. Mobilidade e Território da Região de Lisboa e Vale do Tejo: Pistas para uma Análise Integrada. Instituto Nacional de Estatística.

Papinsky, D., Scott, D.M., Doherty, S.T., 2009. Exploring the route choice decision-making process: A comparison of planned and observed routes obtained using person-based GPS. *Transportation Research Part F* 12, 347 - 358.

Pereira, E., Prata, J., 1991. Deslocações pendulares de activos empregados residentes na Região Norte, Meios de Transporte e Durações dos Percursos Casa-Trabalho. Instituto Nacional de Estatística.

Polydoropoulou, A., Ben-Akiva, M., Khatkhat, A., Lauprete, G., 1996. Modeling revealed and stated en-route travel response to advanced traveler information systems. *Transportation Research Record*, 1537, 38 - 45.

Schmidt, L., Nave, J.G., Sousa, D., 2005. O Automóvel: Usos e Desusos do Transporte Individual. Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Lisboa.

Srinivasan, K., Mahmassani, H., 2000. Modeling inertia and compliance mechanisms in route choice behavior under real-time information. *Transportation Research Record*, 1725, 45 - 53.

Toyota Motor Marketing Europe, 2010. Especificações Toyota Prius. http://www.toyota.pt/cars/new_cars/prius/fullspecs.aspx, acedido em 04-04-2010.

Vitorino, A.P., 2007. Conferência Transportes para um Desenvolvimento Sustentável, Conferência TDeS'07, Lisboa.

Volkswagen, 2010. Polo - Informações. <http://www.volkswagen.pt/gama/polo/info.shtml>, acedido em 30-04-2010.

Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., Zhang, Q., 2008. Characterization of vehicle driving patterns and development of driving in Chinese cities. *Transportation Research Part D* 13, 289 - 297.

Wolf, J., Hallmark, S., Oliveira, M., Guensler, R., Sarasua, W., 1999. Accuracy issues with route choice data collection by using global positioning system. *Transportation Research Record*, 1660, 66 - 74.

Wolf, J., Oliveira, M., Thompson, M., 2003. Impact of underreporting on mileage and travel time estimates. Results from global positioning system-enhanced household travel survey. *Transportation Research Record*, 1854, 189 - 198.

Zhai, H., Frey, H.C., Roupail, N.M., 2008. A Vehicle-Specific Power Approach to Speed and Facility Specific Emissions Estimates for Diesel Transit Buses. *Environmental Science & Technology* 42, 7985 - 7991.

Zhai, H., Frey, H.C., Roupail, N.M., Gonçalves, G.A., Farias, T.L., 2009. Comparison of Flexible Fuel Vehicle and Life-Cycle Fuel Consumption and Emissions of Selected Pollutants and Greenhouse Gases for Ethanol 85 Versus Gasoline. *Journal of the Air & Waste Management Association* 59, 912 - 924.

Zito, R., D'Este, G., Taylor, M., 1995. Global positioning systems in the time domain: how useful a tool for intelligent vehicle-highway systems? *Transportation Research Part C* 3 (4), 193 - 209.

Anexos

Anexo I - Caracterização Trajecto CUA T1

| | | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------|--------------|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Taboeira | Rotunda UA - Entrada A25 | 1,3 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 5 | 2 | 0 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | A25 | 4,0 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | N109 | 0,9 | Comunicação | Nacional | 50/70 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | Não | Bom | A | 0 | Não |
| | EM583-3 | 0,7 | Comunicação/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | Não | Aceitável | A | 0 | Não |
| | Totais | 6,9 | - | - | - | - | 1 | 6 | 4 | 5 | 6 | - | - | - | 0 | - |
| Sentido Taboeira - UA | EM583-3 | 0,1 | Comunicação | Urbano | 50 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | Não | Aceitável | A | 0 | Não |
| | N109 | 0,5 | Comunicação | Nacional | 50/70 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Não | Bom | A | 0 | Não |
| | A25 | 3,8 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | Saída A25 - Rotunda UA | 1,4 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | Totais | 5,8 | - | - | - | - | 1 | 6 | 3 | 3 | 2 | - | - | - | 0 | - |

Anexo II - Caracterização Trajecto CUA T2

| | | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | |
|-----------------------|------------------------|----------------|------------------|----------|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Taboeira | Rot. UA - Entrada N109 | 1,4 | Comunicação/ C&S | Urbano | 50 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | Não | Aceitável | A | 0 | Não |
| | N109 | 4,3 | Comunicação/ C&S | Nacional | 50/70 | 1/2 | 0 | 1 | 2 | 9 | 12 | Não | Bom | A | 0 | Não |
| | EM583-3 | 0,7 | Comunicação/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | Não | Bom | A | 0 | Não |
| | Totais | 6,4 | - | - | - | - | 1 | 4 | 5 | 11 | 15 | - | - | - | 0 | - |
| Sentido Taboeira - UA | EM583-3 | 0,1 | Comunicação | Urbano | 50 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | Não | Bom | A | 0 | Não |
| | N109 | 4,2 | Comunicação/ C&S | Nacional | 120 | 1/2 | 0 | 1 | 1 | 7 | 10 | Não | Bom | A | 0 | Não |
| | Saída N109 - Rot. UA | 1,4 | Comunicação/ C&S | Urbano | 50 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | Não | Aceitável | A | 0 | Não |
| | Totais | 5,7 | - | - | - | - | 1 | 4 | 3 | 9 | 11 | - | - | - | 0 | - |

Anexo III - Caracterização Trajecto CUA T3

| | | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | |
|-----------------------|---------------|----------------|------------------|--------|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Taboeira | Ruas Diversas | 4,3 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 3 | 6 | 5 | 6 | 5 | Sim | Aceitável | C | 0 | Não |
| | Totais | 4,3 | - | - | - | - | 3 | 6 | 5 | 6 | 5 | - | - | - | 0 | - |
| Sentido Taboeira-UA | Ruas Diversas | 4,1 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 3 | 7 | 5 | 8 | 7 | Sim | Aceitável | C | 0 | Não |
| | Totais | 4,1 | - | - | - | - | 3 | 7 | 5 | 8 | 7 | - | - | - | 0 | - |

Anexo IV - Caracterização Trajecto CAP T1

| | | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|----------------|------------------|--------------|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Amial | Rot. UA - Entrada A25 | 1,3 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 2 | 0 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | A25 | 15,9 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | 8 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | A1/A20/IP1 | 54,2 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2/3/4 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | Não | Bom | A | 1 | Sim |
| | VCI (Via Freixo) | 5,7 | Comunicação | Nacional | 90 | 3/4 | 0 | 0 | 1 | 7 | 8 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | Totais | 77,1 | - | - | - | - | 1 | 6 | 3 | 26 | 26 | - | - | - | 1 | - |
| Sentido Amial - UA | VCI (Via Freixo) | 5,5 | Comunicação | Nacional | 90 | 3/4 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | A1/A20/IP1 | 53,9 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2/3/4 | 0 | 0 | 0 | 10 | 9 | Não | Bom | A | 1 | Sim |
| | A25 | 15,7 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 9 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | Saída A25 - Rot. UA | 1,4 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | Totais | 76,5 | - | - | - | - | 1 | 6 | 1 | 27 | 26 | | | | 1 | - |

Anexo V - Caracterização Trajecto CAP T2

| | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|----------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Amial | Rot. UA - Entrada A25 | 1,3 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 2 | 0 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | A25 | 14,1 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 7 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | A29/A44/A1 | 56,4 | Comunicação | Auto Estrada | 100/120 | 2/3 | 0 | 0 | 0 | 21 | 21 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | VCI (Via Arrábida) | 5,2 | Comunicação | Nacional | 90 | 3 | 0 | 0 | 0 | 6 | 5 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | Totais | 77 | - | - | - | - | 1 | 6 | 2 | 35 | 33 | - | - | - | 0 | - |
| Sentido Amial - UA | VCI (Via Arrábida) | 5,2 | Comunicação | Nacional | 90 | 3 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | A29/A44/A1 | 55,9 | Comunicação | Auto Estrada | 100/120 | 2/3 | 0 | 0 | 0 | 23 | 24 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | A25 | 13,6 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | Saída A25 - Rot. UA | 1,4 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | Totais | 76,1 | - | - | - | - | 1 | 6 | 1 | 36 | 38 | - | - | - | 0 | - |

Anexo VI - Caracterização Trajecto CAP T3

| | | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|----------------|---|--------------|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Amial | Rot. UA - Entrada A25 | 1,3 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 2 | 0 | 0 | Sim | Aceitável | B | 0 | Não |
| | A25 | 21,1 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 10 | Não | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | N1 | 51,1 | Residencial/ Comunicação/ Industrial/ C&S | Nacional | 50/70 | 1 | 19 | 102 | 4 | 32 | 36 | Sim | Aceitável | A | 0 | Não |
| | A1 | 8 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2/3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | VCI (Via Freixo) | 5,7 | Comunicação | Nacional | 90 | 3/4 | 0 | 0 | 1 | 4 | 8 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | Totais | 87,2 | - | - | - | - | 20 | 108 | 7 | 48 | 58 | - | - | - | 0 | - |
| Sentido Amial - UA | VCI (Via Freixo) | 5,5 | Comunicação | Nacional | 90 | 3/4 | 0 | 0 | 0 | 9 | 7 | Inexistente | Bom | A | 0 | Sim |
| | A1 | 11,5 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2/3/4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | Inexistente | Bom | A | 0 | Sim |
| | N1 | 48,1 | Residencial/ Comunicação/ Industrial/ C&S | Nacional | 50/70 | 1 | 18 | 98 | 6 | 32 | 30 | Baixo/ Médio | Aceitável | A | 0 | Não |
| | A25 | 20,8 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 9 | Inexistente | Muito Bom | A | 0 | Sim |
| | Saída A25 - Rot. UA | 1,4 | Residencial/ C&S | Urbano | 50 | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 0 | Baixa | Aceitável | B | 0 | Não |
| | Totais | 87,3 | - | - | - | - | 19 | 104 | 7 | 57 | 51 | - | - | - | 0 | - |

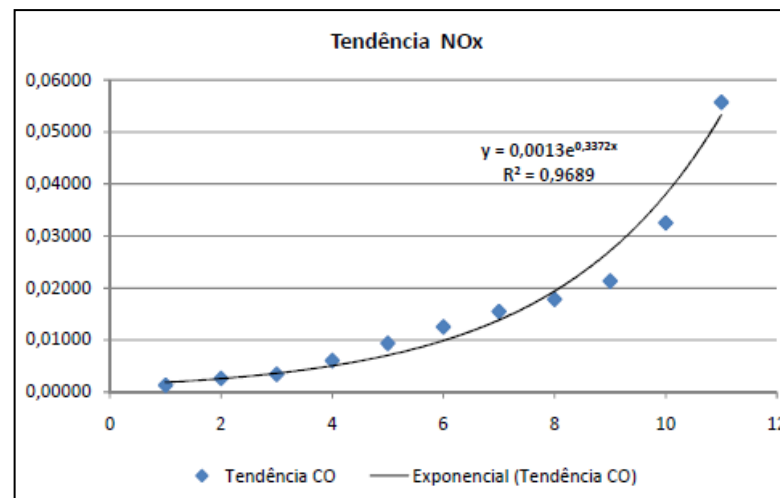
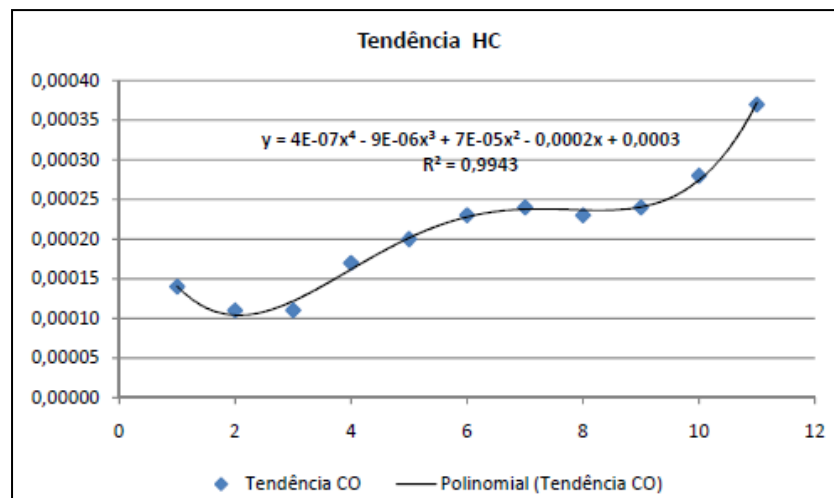
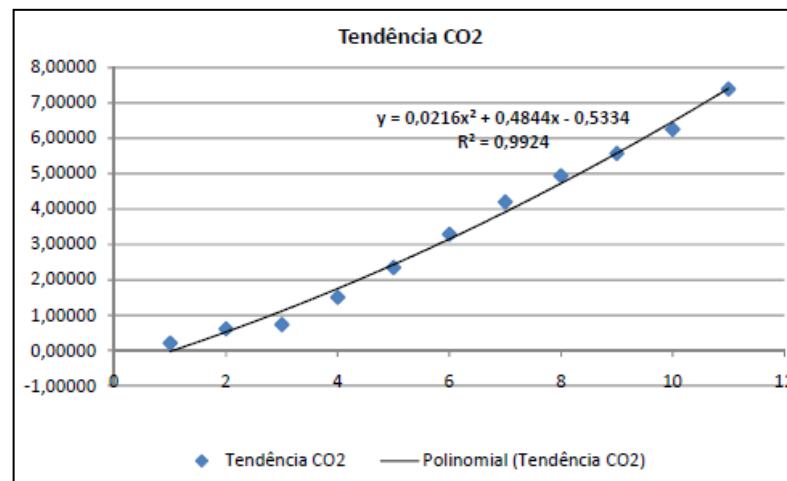
Anexo VII - Caracterização Trajecto CAP T4

| | | | | | | | Intersecções | | | Vias | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|----------------|---|------------------|--------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|------------|------------|---------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|
| | Troço | Distância (km) | Vizinhança | Tipo | Limite Vel. (km/h) | Número Vias | Com sin. luminosa | Sem sin. luminosa | Rotundas | Aceleração | Desaceler. | 2ª Fila | Pavimento | Densidade Peões | Portagens | Separador Central |
| Sentido UA - Amial | Rot. UA - Entrada N109 | 1,4 | Comunicação/ C&S | Urbano | 50 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | Não | Aceitável | A | 0 | Não |
| | N109 | 51,1 | Residencial/ Comunicação/ Industrial/ C&S | Nacional | 50/70 | 1 | 32 | 150 | 13 | 35 | 34 | Sim | Aceitável | A | 0 | Não |
| | Saída N109 - Entrada A1 | 15,7 | Comunicação/ Residencial | Nacional/ Urbano | 50 | 1 | 13 | 58 | 5 | 3 | 3 | Sim | Aceitável | A | 0 | Não |
| | A1 | 2,3 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | VCI (Via Arrábida) | 5,2 | Comunicação | Nacional | 90 | 3 | 0 | 0 | 0 | 6 | 5 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | Totais | 75,7 | - | - | - | - | 46 | 210 | 19 | 47 | 45 | - | - | - | 0 | - |
| Sentido Amial - UA | VCI (Via Arrábida) | 5,2 | Comunicação | Nacional | 90 | 3 | 0 | 0 | 0 | 5 | 7 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | A1 | 2,5 | Comunicação | Auto Estrada | 120 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | Não | Bom | A | 0 | Sim |
| | Saída A1 - Entrada N109 | 15,2 | Comunicação/ Residencial | Nacional/ Urbano | 50 | 1 | 13 | 61 | 5 | 3 | 3 | Sim | Aceitável | A | 0 | Não |
| | N109 | 51 | Residencial/ Comunicação/ Industrial/ C&S | Nacional | 50/70 | 1 | 34 | 146 | 13 | 33 | 35 | Sim | Aceitável | A | 0 | Não |
| | Saída N109 - Rot. UA | 1,4 | Comunicação/ C&S | Urbano | 50 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | Não | Aceitável | A | 0 | Não |
| | Totais | 75,3 | - | - | - | - | 48 | 210 | 19 | 44 | 48 | - | - | - | 0 | - |

Anexo VIII - Extrapolação para Modos VSP Diesel (*Skoda Octavia TDI 1.9L*)

| Taxas de Emissão Médias para Viaturas a Gasóleo | | | | | | | |
|---|-----------|----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| Modo VSP | CO2 (g/s) | CO (g/s) | CO (mg/s) | NOx (g/s) | NOx (mg/s) | HC (g/s) | HC (mg/s) |
| 1 | 0,20600 | 0,00003 | 0,03000 | 0,00129 | 1,29000 | 0,00014 | 0,14000 |
| 2 | 0,60800 | 0,00007 | 0,07200 | 0,00262 | 2,62000 | 0,00011 | 0,11000 |
| 3 | 0,72800 | 0,00014 | 0,13500 | 0,00338 | 3,38000 | 0,00011 | 0,11000 |
| 4 | 1,50400 | 0,00025 | 0,24600 | 0,00605 | 6,05000 | 0,00017 | 0,17000 |
| 5 | 2,34300 | 0,00029 | 0,29000 | 0,00936 | 9,36000 | 0,00020 | 0,20000 |
| 6 | 3,28700 | 0,00069 | 0,69300 | 0,01253 | 12,53000 | 0,00023 | 0,23000 |
| 7 | 4,20000 | 0,00058 | 0,58400 | 0,01548 | 15,48000 | 0,00024 | 0,24000 |
| 8 | 4,93600 | 0,00064 | 0,63900 | 0,01782 | 17,82000 | 0,00023 | 0,23000 |
| 9 | 5,57400 | 0,00061 | 0,61000 | 0,02132 | 21,32000 | 0,00024 | 0,24000 |
| 10 | 6,26200 | 0,00101 | 1,01000 | 0,03253 | 32,53000 | 0,00028 | 0,28000 |
| 11 | 7,39600 | 0,00115 | 1,14800 | 0,05575 | 55,75000 | 0,00037 | 0,37000 |
| 12 | 8,38980 | | | 0,07435 | | 0,00072 | |
| 13 | 9,41420 | | | 0,10416 | | 0,00118 | |
| 14 | 10,48180 | | | 0,14594 | | 0,00189 | |

Extrapolação (Via Regressões)



Anexo IX - Resumo de Emissões para Trajectos CUA (Fase 1)

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T1 UA - Tab 1 | 01-03-2010 15:38:18 | 01-03-2010 15:45:51 | 454 | 53,719 | 1056,462 | 0,152 | 4,463 | 0,084 | 1292,992 | 7,561 | 0,939 | 0,280 | 153,110 | 0,022 | 0,647 | 0,012 | 187,390 | 1,096 | 0,136 | 0,041 |
| CUA T1 UA - Tab 2 | 02-03-2010 11:00:25 | 02-03-2010 11:08:18 | 474 | 51,559 | 1142,267 | 0,160 | 5,263 | 0,091 | 1372,732 | 9,596 | 1,049 | 0,317 | 165,546 | 0,023 | 0,763 | 0,013 | 198,947 | 1,391 | 0,152 | 0,046 |
| CUA T1 UA - Tab 3 | 02-03-2010 11:56:57 | 02-03-2010 12:03:54 | 418 | 58,377 | 1085,770 | 0,155 | 4,963 | 0,084 | 1290,182 | 9,032 | 1,007 | 0,292 | 157,358 | 0,022 | 0,719 | 0,012 | 186,983 | 1,309 | 0,146 | 0,042 |
| CUA T1 UA - Tab 4 | 02-03-2010 15:44:44 | 02-03-2010 15:51:30 | 407 | 59,526 | 1102,913 | 0,155 | 5,032 | 0,082 | 1285,149 | 9,262 | 1,027 | 0,293 | 159,842 | 0,022 | 0,729 | 0,012 | 186,253 | 1,342 | 0,149 | 0,042 |
| CUA T1 UA - Tab 5 | 06-04-2010 13:02:41 | 06-04-2010 13:09:50 | 430 | 56,906 | 1110,503 | 0,149 | 5,433 | 0,089 | 1321,330 | 10,920 | 1,070 | 0,315 | 160,942 | 0,022 | 0,787 | 0,013 | 191,497 | 1,583 | 0,155 | 0,046 |
| CUA T1 UA - Tab 6 | 06-04-2010 14:18:19 | 06-04-2010 14:25:58 | 441 | 55,781 | 1151,753 | 0,154 | 5,941 | 0,093 | 1343,051 | 12,660 | 1,108 | 0,341 | 166,921 | 0,022 | 0,861 | 0,013 | 194,645 | 1,835 | 0,161 | 0,049 |
| CUA T1 Tab - UA 1 | 02-03-2010 10:39:10 | 02-03-2010 10:44:18 | 309 | 67,326 | 870,779 | 0,120 | 4,261 | 0,066 | 1004,675 | 8,420 | 0,833 | 0,239 | 150,134 | 0,021 | 0,735 | 0,011 | 173,220 | 1,452 | 0,144 | 0,041 |
| CUA T1 Tab - UA 2 | 02-03-2010 11:26:19 | 02-03-2010 11:31:45 | 327 | 63,162 | 868,067 | 0,123 | 4,345 | 0,068 | 1014,208 | 9,053 | 0,823 | 0,250 | 149,667 | 0,021 | 0,749 | 0,012 | 174,863 | 1,561 | 0,142 | 0,043 |
| CUA T1 Tab - UA 3 | 02-03-2010 12:24:15 | 02-03-2010 12:30:01 | 347 | 59,776 | 892,153 | 0,127 | 4,328 | 0,070 | 1035,349 | 8,701 | 0,809 | 0,256 | 153,819 | 0,022 | 0,746 | 0,012 | 178,508 | 1,500 | 0,140 | 0,044 |
| CUA T1 Tab - UA 4 | 02-03-2010 15:38:08 | 02-03-2010 15:43:03 | 295 | 65,232 | 817,960 | 0,112 | 4,221 | 0,064 | 945,128 | 8,828 | 0,798 | 0,239 | 141,028 | 0,019 | 0,728 | 0,011 | 162,953 | 1,522 | 0,138 | 0,041 |
| CUA T1 Tab - UA 5 | 06-04-2010 14:26:09 | 06-04-2010 14:32:07 | 359 | 58,060 | 960,789 | 0,124 | 5,084 | 0,078 | 1108,256 | 11,353 | 0,942 | 0,295 | 165,653 | 0,021 | 0,876 | 0,013 | 191,079 | 1,957 | 0,162 | 0,051 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T2 UA - Tab 1 | 01-03-2010 15:21:14 | 01-03-2010 15:29:08 | 475 | 48,095 | 944,687 | 0,147 | 3,786 | 0,085 | 1241,534 | 5,813 | 0,801 | 0,255 | 147,607 | 0,023 | 0,592 | 0,013 | 193,990 | 0,908 | 0,125 | 0,040 |
| CUA T2 UA - Tab 2 | 02-03-2010 10:30:05 | 02-03-2010 10:38:29 | 493 | 46,131 | 967,537 | 0,144 | 4,062 | 0,090 | 1271,195 | 7,493 | 0,836 | 0,280 | 151,178 | 0,022 | 0,635 | 0,014 | 198,624 | 1,171 | 0,131 | 0,044 |
| CUA T2 UA - Tab 3 | 02-03-2010 11:17:26 | 02-03-2010 11:25:45 | 500 | 45,756 | 1016,517 | 0,157 | 4,273 | 0,089 | 1313,613 | 6,813 | 0,878 | 0,281 | 158,831 | 0,024 | 0,668 | 0,014 | 205,252 | 1,065 | 0,137 | 0,044 |
| CUA T2 UA - Tab 4 | 02-03-2010 14:53:38 | 02-03-2010 15:01:50 | 493 | 47,002 | 976,141 | 0,151 | 3,903 | 0,087 | 1279,823 | 6,015 | 0,828 | 0,265 | 152,522 | 0,024 | 0,610 | 0,014 | 199,972 | 0,940 | 0,129 | 0,041 |
| CUA T2 UA - Tab 5 | 02-03-2010 15:29:01 | 02-03-2010 15:37:37 | 502 | 46,320 | 974,287 | 0,147 | 3,927 | 0,088 | 1281,232 | 6,051 | 0,830 | 0,269 | 152,232 | 0,023 | 0,614 | 0,014 | 200,192 | 0,946 | 0,130 | 0,042 |
| CUA T2 UA - Tab 6 | 06-04-2010 13:13:39 | 06-04-2010 13:22:20 | 522 | 44,098 | 1017,497 | 0,154 | 4,233 | 0,091 | 1338,580 | 6,801 | 0,889 | 0,286 | 158,984 | 0,024 | 0,661 | 0,014 | 209,153 | 1,063 | 0,139 | 0,045 |
| CUA T2 Tab - UA 1 | 02-03-2010 10:52:43 | 02-03-2010 11:00:02 | 437 | 46,553 | 801,139 | 0,126 | 3,205 | 0,076 | 1087,248 | 4,960 | 0,686 | 0,228 | 140,551 | 0,022 | 0,562 | 0,013 | 190,745 | 0,870 | 0,120 | 0,040 |
| CUA T2 Tab - UA 2 | 02-03-2010 11:49:51 | 02-03-2010 11:56:31 | 400 | 51,132 | 764,967 | 0,119 | 3,089 | 0,071 | 1025,867 | 4,916 | 0,664 | 0,213 | 134,205 | 0,021 | 0,542 | 0,012 | 179,977 | 0,862 | 0,116 | 0,037 |
| CUA T2 Tab - UA 3 | 02-03-2010 14:45:59 | 02-03-2010 14:53:19 | 441 | 45,333 | 833,306 | 0,122 | 3,674 | 0,079 | 1117,104 | 6,918 | 0,750 | 0,252 | 146,194 | 0,021 | 0,644 | 0,014 | 195,983 | 1,214 | 0,132 | 0,044 |
| CUA T2 Tab - UA 4 | 02-03-2010 15:21:03 | 02-03-2010 15:28:47 | 458 | 44,370 | 850,780 | 0,127 | 3,616 | 0,081 | 1147,600 | 6,311 | 0,753 | 0,250 | 149,260 | 0,022 | 0,634 | 0,014 | 201,333 | 1,107 | 0,132 | 0,044 |
| CUA T2 Tab - UA 5 | 06-04-2010 13:22:34 | 06-04-2010 13:29:32 | 415 | 49,155 | 819,312 | 0,120 | 3,358 | 0,073 | 1079,836 | 5,405 | 0,723 | 0,228 | 143,739 | 0,021 | 0,589 | 0,013 | 189,445 | 0,948 | 0,127 | 0,040 |
| CUA T2 Tab - UA 6 | 06-04-2010 15:52:47 | 06-04-2010 16:00:09 | 443 | 46,016 | 824,874 | 0,126 | 3,353 | 0,077 | 1116,108 | 5,340 | 0,719 | 0,233 | 144,715 | 0,022 | 0,588 | 0,014 | 195,808 | 0,937 | 0,126 | 0,041 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T3 UA - Tab 1 | 02-03-2010 11:42:04 | 02-03-2010 11:49:22 | 431 | 34,494 | 791,384 | 0,121 | 3,212 | 0,075 | 1092,877 | 5,143 | 0,700 | 0,225 | 184,043 | 0,028 | 0,747 | 0,018 | 254,157 | 1,196 | 0,163 | 0,052 |
| CUA T3 UA - Tab 2 | 02-03-2010 12:12:51 | 02-03-2010 12:23:52 | 651 | 22,612 | 926,586 | 0,148 | 3,824 | 0,099 | 1321,068 | 5,612 | 0,739 | 0,308 | 215,485 | 0,034 | 0,889 | 0,023 | 307,225 | 1,305 | 0,172 | 0,072 |
| CUA T3 UA - Tab 3 | 02-03-2010 14:36:09 | 02-03-2010 14:45:30 | 547 | 26,206 | 841,816 | 0,129 | 3,466 | 0,088 | 1205,521 | 5,461 | 0,708 | 0,261 | 195,771 | 0,030 | 0,806 | 0,020 | 280,354 | 1,270 | 0,165 | 0,061 |
| CUA T3 UA - Tab 4 | 02-03-2010 15:11:30 | 02-03-2010 15:20:38 | 529 | 27,924 | 833,281 | 0,129 | 3,475 | 0,087 | 1195,739 | 5,894 | 0,711 | 0,259 | 193,786 | 0,030 | 0,808 | 0,020 | 278,079 | 1,371 | 0,165 | 0,060 |
| CUA T3 UA - Tab 5 | 06-04-2010 15:41:55 | 06-04-2010 15:52:18 | 602 | 26,549 | 941,594 | 0,146 | 3,851 | 0,097 | 1342,908 | 5,811 | 0,789 | 0,288 | 218,975 | 0,034 | 0,896 | 0,023 | 312,304 | 1,351 | 0,184 | 0,067 |
| CUA T3 Tab - UA 1 | 01-03-2010 15:29:31 | 01-03-2010 15:37:31 | 465 | 29,050 | 730,820 | 0,114 | 3,122 | 0,076 | 1051,188 | 5,134 | 0,646 | 0,234 | 178,249 | 0,028 | 0,762 | 0,019 | 256,387 | 1,252 | 0,158 | 0,057 |
| CUA T3 Tab - UA 2 | 02-03-2010 10:20:11 | 02-03-2010 10:29:31 | 550 | 25,007 | 758,222 | 0,116 | 3,163 | 0,085 | 1146,402 | 5,053 | 0,661 | 0,254 | 184,932 | 0,028 | 0,771 | 0,021 | 279,610 | 1,233 | 0,161 | 0,062 |
| CUA T3 Tab - UA 3 | 02-03-2010 11:08:45 | 02-03-2010 11:17:01 | 480 | 28,432 | 733,108 | 0,112 | 3,079 | 0,077 | 1063,553 | 5,202 | 0,649 | 0,238 | 178,807 | 0,027 | 0,751 | 0,019 | 259,403 | 1,269 | 0,158 | 0,058 |
| CUA T3 Tab - UA 4 | 02-03-2010 12:04:11 | 02-03-2010 12:12:24 | 474 | 29,072 | 742,039 | 0,113 | 3,091 | 0,076 | 1067,073 | 4,966 | 0,650 | 0,235 | 180,985 | 0,028 | 0,754 | 0,019 | 260,262 | 1,211 | 0,158 | 0,057 |
| CUA T3 Tab - UA 5 | 02-03-2010 15:02:09 | 02-03-2010 15:10:46 | 499 | 26,667 | 717,315 | 0,107 | 3,134 | 0,081 | 1078,521 | 5,813 | 0,649 | 0,247 | 174,955 | 0,026 | 0,764 | 0,020 | 263,054 | 1,418 | 0,158 | 0,060 |

Anexo X - Resumo de Emissões para Trajectos CUA (Fase 2)

| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| | | | | | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T1 UA - Tab 1 | 28-04-2010 11:38:32 | 28-04-2010 10:45:55 | 444 | 55,058 | 1162,102 | 0,149 | 6,591 | 0,100 | 1380,951 | 15,569 | 1,188 | 0,371 | 168,421 | 0,022 | 0,955 | 0,015 | 200,138 | 2,256 | 0,172 | 0,054 |
| CUA T1 UA - Tab 2 | 28-04-2010 15:13:37 | 28-04-2010 15:21:11 | 455 | 53,862 | 1185,259 | 0,146 | 6,504 | 0,102 | 1397,586 | 15,601 | 1,200 | 0,375 | 171,777 | 0,021 | 0,943 | 0,015 | 202,549 | 2,261 | 0,174 | 0,054 |
| CUA T1 Tab - UA 1 | 28-04-2010 11:15:58 | 28-04-2010 11:21:26 | 317 | 65,327 | 965,398 | 0,109 | 6,005 | 0,085 | 1096,544 | 17,382 | 1,048 | 0,347 | 166,448 | 0,019 | 1,035 | 0,015 | 189,059 | 2,997 | 0,181 | 0,060 |
| CUA T1 Tab - UA 2 | 28-04-2010 15:25:09 | 28-04-2010 15:31:11 | 361 | 57,293 | 909,091 | 0,113 | 5,394 | 0,085 | 1089,677 | 15,100 | 0,942 | 0,325 | 156,740 | 0,020 | 0,930 | 0,015 | 187,875 | 2,604 | 0,162 | 0,056 |

| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|----------------------|------------------------|------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|--------|------------|--------|-------------------------------|--------|------------|--------|--------------------------|--------|------------|--------|---------------------------|--------|------------|--------|
| | | | | | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T2 UA - Tab 1 | 28-04-2010 11:07:22 | 28-04-2010 11:15:18 | 434 | 52,787 | 976,003 | 0,142 | 4,524 | 0,082 | 1223,241 | 8,474 | 0,900 | 0,279 | 152,501 | 0,022 | 0,707 | 0,013 | 191,131 | 1,324 | 0,141 | 0,044 |
| CUA T2 UA - Tab 2 | 28-04-2010 14:53:52 | 28-04-2010 15:02:45 | 530 | 43,190 | 1070,323 | 0,157 | 4,481 | 0,092 | 1366,924 | 7,230 | 0,930 | 0,300 | 167,238 | 0,025 | 0,700 | 0,014 | 213,582 | 1,130 | 0,145 | 0,047 |
| CUA T2 Tab - UA 1 | 28-04-2010 11:30:59 | 28-04-2010 11:37:32 | 394 | 51,983 | 798,921 | 0,112 | 3,511 | 0,073 | 1037,498 | 6,740 | 0,726 | 0,235 | 140,162 | 0,020 | 0,616 | 0,013 | 182,017 | 1,182 | 0,127 | 0,041 |
| CUA T2 Tab - UA 2 | 28-04-2010 14:46:20 | 28-04-2010 14:53:00 | 401 | 50,813 | 828,480 | 0,127 | 3,437 | 0,073 | 1078,401 | 5,573 | 0,726 | 0,227 | 145,347 | 0,022 | 0,603 | 0,013 | 189,193 | 0,978 | 0,127 | 0,040 |

| | | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|----------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Distância (km) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T3 UA - Tab 1 | 28-04-2010 11:22:23 | 28-04-2010 11:29:54 | 440 | 4,3 | 32,943 | 779,540 | 0,118 | 3,235 | 0,075 | 1075,509 | 5,329 | 0,696 | 0,231 | 181,288 | 0,027 | 0,752 | 0,017 | 250,118 | 1,239 | 0,162 | 0,054 |
| CUA T3 UA - Tab 2 | 28-04-2010 11:57:17 | 28-04-2010 12:06:47 | 565 | 4,3 | 29,652 | 898,969 | 0,134 | 3,933 | 0,098 | 1305,489 | 8,001 | 0,799 | 0,296 | 209,063 | 0,031 | 0,915 | 0,023 | 303,602 | 1,861 | 0,186 | 0,069 |
| CUA T3 UA - Tab 3 | 28-04-2010 14:34:54 | 28-04-2010 14:43:24 | 491 | 4,3 | 29,032 | 811,181 | 0,118 | 3,527 | 0,082 | 1141,807 | 6,402 | 0,729 | 0,255 | 188,647 | 0,028 | 0,820 | 0,019 | 265,536 | 1,489 | 0,170 | 0,059 |
| CUA T3 UA - Tab 4 | 28-04-2010 15:32:13 | 28-04-2010 15:43:34 | 671 | 4,3 | 25,323 | 982,613 | 0,154 | 4,006 | 0,106 | 1444,517 | 6,080 | 0,828 | 0,312 | 228,515 | 0,036 | 0,932 | 0,025 | 335,934 | 1,414 | 0,192 | 0,072 |
| CUA T3 Tab - UA 1 | 28-04-2010 10:58:57 | 28-04-2010 11:06:35 | 408 | 4,1 | 28,355 | 639,650 | 0,088 | 3,251 | 0,071 | 927,766 | 7,844 | 0,630 | 0,240 | 156,012 | 0,021 | 0,793 | 0,017 | 226,284 | 1,913 | 0,154 | 0,059 |
| CUA T3 Tab - UA 2 | 28-04-2010 11:47:14 | 28-04-2010 11:56:15 | 542 | 4,1 | 28,867 | 812,998 | 0,127 | 3,318 | 0,088 | 1217,619 | 5,247 | 0,718 | 0,255 | 198,292 | 0,031 | 0,809 | 0,022 | 296,980 | 1,280 | 0,175 | 0,062 |
| CUA T3 Tab - UA 3 | 28-04-2010 15:03:34 | 28-04-2010 15:12:44 | 533 | 4,1 | 25,673 | 788,889 | 0,124 | 3,328 | 0,084 | 1149,771 | 5,285 | 0,680 | 0,259 | 192,412 | 0,030 | 0,812 | 0,020 | 280,432 | 1,289 | 0,166 | 0,063 |
| CUA T3 Tab - UA 4 | 28-04-2010 15:44:17 | 28-04-2010 15:54:13 | 586 | 4,1 | 29,687 | 912,585 | 0,137 | 3,830 | 0,096 | 1347,924 | 6,290 | 0,824 | 0,284 | 222,582 | 0,033 | 0,934 | 0,024 | 328,762 | 1,534 | 0,201 | 0,069 |

Anexo XI - Resumo de Emissões para Trajectos CUA (Fase 3)

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T1 UA - Tab 1 | 06-05-2010 11:10:39 | 06-05-2010 11:18:04 | 440 | 54,920 | 1130,442 | 0,154 | 5,583 | 0,093 | 1346,794 | 13,223 | 1,085 | 0,347 | 163,832 | 0,022 | 0,809 | 0,014 | 195,188 | 1,916 | 0,157 | 0,050 |
| CUA T1 UA - Tab 2 | 06-05-2010 11:55:24 | 06-05-2010 12:01:44 | 378 | 64,323 | 1031,541 | 0,141 | 4,706 | 0,078 | 1196,173 | 8,661 | 0,947 | 0,271 | 149,499 | 0,020 | 0,682 | 0,011 | 173,358 | 1,255 | 0,137 | 0,039 |
| CUA T1 Tab - UA 1 | 06-05-2010 11:18:31 | 06-05-2010 11:23:47 | 317 | 65,446 | 818,303 | 0,116 | 3,791 | 0,064 | 969,482 | 7,400 | 0,759 | 0,227 | 141,087 | 0,020 | 0,654 | 0,011 | 167,152 | 1,276 | 0,131 | 0,039 |
| CUA T1 Tab - UA 2 | 06-05-2010 12:02:19 | 06-05-2010 12:10:07 | 460 | 55,677 | 1039,385 | 0,142 | 4,906 | 0,091 | 1300,790 | 9,888 | 0,978 | 0,307 | 179,204 | 0,025 | 0,846 | 0,016 | 224,274 | 1,705 | 0,169 | 0,053 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T2 UA - Tab 1 | 06-05-2010 11:24:11 | 06-05-2010 11:32:22 | 489 | 46,772 | 981,285 | 0,150 | 4,040 | 0,088 | 1269,506 | 6,875 | 0,839 | 0,275 | 153,326 | 0,023 | 0,631 | 0,014 | 198,360 | 1,074 | 0,131 | 0,043 |
| CUA T2 UA - Tab 2 | 06-05-2010 12:10:51 | 06-05-2010 12:16:00 | 308 | 57,369 | 725,143 | 0,103 | 3,105 | 0,059 | 889,403 | 5,254 | 0,646 | 0,192 | 113,304 | 0,016 | 0,485 | 0,009 | 138,969 | 0,821 | 0,101 | 0,030 |
| CUA T2 Tab - UA 1 | 06-05-2010 11:33:36 | 06-05-2010 11:40:20 | 404 | 50,401 | 795,708 | 0,117 | 3,447 | 0,071 | 1033,805 | 6,001 | 0,706 | 0,228 | 139,598 | 0,021 | 0,605 | 0,013 | 181,369 | 1,053 | 0,124 | 0,040 |
| CUA T2 Tab - UA 2 | 06-05-2010 12:16:26 | 06-05-2010 12:22:33 | 366 | 55,985 | 801,728 | 0,115 | 3,656 | 0,069 | 1013,873 | 6,852 | 0,731 | 0,229 | 140,654 | 0,020 | 0,641 | 0,012 | 177,872 | 1,202 | 0,128 | 0,040 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CUA T3 UA - Tab 1 | 06-05-2010 11:40:38 | 06-05-2010 11:47:33 | 412 | 35,446 | 721,688 | 0,108 | 3,223 | 0,072 | 1002,863 | 5,964 | 0,655 | 0,224 | 167,834 | 0,025 | 0,750 | 0,017 | 233,224 | 1,387 | 0,152 | 0,052 |
| CUA T3 UA - Tab 2 | 06-05-2010 12:23:13 | 06-05-2010 12:31:02 | 462 | 31,772 | 820,664 | 0,126 | 3,402 | 0,078 | 1121,510 | 5,429 | 0,715 | 0,241 | 190,852 | 0,029 | 0,791 | 0,018 | 260,816 | 1,263 | 0,166 | 0,056 |
| CUA T3 Tab - UA 1 | 06-05-2010 11:47:56 | 06-05-2010 11:55:02 | 423 | 32,170 | 703,458 | 0,101 | 3,158 | 0,072 | 996,657 | 5,971 | 0,647 | 0,230 | 171,575 | 0,025 | 0,770 | 0,018 | 243,087 | 1,456 | 0,158 | 0,056 |
| CUA T3 Tab - UA 2 | 06-05-2010 12:31:27 | 06-05-2010 12:39:05 | 444 | 30,761 | 722,901 | 0,111 | 3,060 | 0,073 | 1020,534 | 5,245 | 0,645 | 0,228 | 176,317 | 0,027 | 0,746 | 0,018 | 248,911 | 1,279 | 0,157 | 0,056 |

Anexo XII - Resumo de Emissões para Trajectos CAP (Fase 1)

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T1 Amial-UA 1 | 09-03-2010 12:43:07 | 09-03-2010 13:29:20 | 2773 | 99,28 | 11285,067 | 1,216 | 72,867 | 0,902 | 11701,368 | 215,595 | 12,360 | 3,928 | 147,517 | 0,016 | 0,953 | 0,012 | 152,959 | 2,818 | 0,162 | 0,051 |
| CAP T1 Amia -UA 2 | 30-03-2010 15:53:19 | 30-03-2010 16:37:51 | 2670 | 103,01 | 11280,985 | 1,141 | 77,421 | 0,946 | 11637,555 | 243,786 | 12,785 | 4,204 | 147,464 | 0,015 | 1,012 | 0,012 | 152,125 | 3,187 | 0,167 | 0,055 |
| CAP T1 UA - Amial 1 | 22-03-2010 10:55:04 | 22-03-2010 11:44:17 | 2947 | 93,96 | 11781,575 | 1,310 | 74,020 | 0,922 | 12209,413 | 212,744 | 12,642 | 4,001 | 152,809 | 0,017 | 0,960 | 0,012 | 158,358 | 2,759 | 0,164 | 0,052 |
| CAP T1 UA - Amial 2 | 24-03-2010 14:34:30 | 24-03-2010 15:21:22 | 2813 | 98,54 | 11781,746 | 1,208 | 78,903 | 0,964 | 12163,533 | 240,474 | 13,213 | 4,248 | 152,811 | 0,016 | 1,023 | 0,012 | 157,763 | 3,119 | 0,171 | 0,055 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T2 Amial - UA 1 | 08-03-2010 15:44:12 | 08-03-2010 16:32:32 | 2901 | 93,545 | 10784,271 | 1,212 | 68,695 | 0,911 | 11503,259 | 215,627 | 11,644 | 3,944 | 141,712 | 0,016 | 0,903 | 0,012 | 151,160 | 2,833 | 0,153 | 0,052 |
| CAP T2 Amial - UA 2 | 30-03-2010 12:30:49 | 30-03-2010 13:16:31 | 2741 | 99,492 | 10726,898 | 1,125 | 71,001 | 0,923 | 11317,488 | 231,978 | 11,898 | 4,061 | 140,958 | 0,015 | 0,933 | 0,012 | 148,719 | 3,048 | 0,156 | 0,053 |
| CAP T2 UA - Amial 1 | 22-03-2010 14:31:29 | 22-03-2010 15:20:43 | 2944 | 94,021 | 11735,706 | 1,311 | 74,248 | 0,936 | 12223,586 | 220,553 | 12,656 | 4,082 | 152,412 | 0,017 | 0,964 | 0,012 | 158,748 | 2,864 | 0,164 | 0,053 |
| CAP T2 UA - Amial 2 | 24-03-2010 11:14:02 | 24-03-2010 12:03:14 | 2941 | 94,107 | 11782,205 | 1,290 | 75,524 | 0,949 | 12299,056 | 227,102 | 12,850 | 4,146 | 153,016 | 0,017 | 0,981 | 0,012 | 159,728 | 2,949 | 0,167 | 0,054 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T3 UA - Amial 1 | 08-03-2010 13:57:06 | 08-03-2010 15:24:47 | 5260 | 60,16 | 13106,013 | 1,768 | 66,439 | 1,104 | 15737,882 | 149,499 | 12,636 | 3,998 | 150,298 | 0,020 | 0,762 | 0,013 | 180,480 | 1,714 | 0,145 | 0,046 |
| CAP T3 UA - Amial 2 | 30-03-2010 10:35:33 | 30-03-2010 10:57:46 | 4932 | 63,32 | 12949,155 | 1,706 | 67,131 | 1,078 | 15352,547 | 154,209 | 12,775 | 3,969 | 148,499 | 0,020 | 0,770 | 0,012 | 176,061 | 1,768 | 0,147 | 0,046 |
| CAP T3 Amial - UA 1 | 22-03-2010 15:21:24 | 22-03-2010 16:35:41 | 4457 | 70,29 | 12475,935 | 1,627 | 65,355 | 1,004 | 14428,518 | 148,724 | 12,281 | 3,728 | 142,909 | 0,019 | 0,749 | 0,012 | 165,275 | 1,704 | 0,141 | 0,043 |
| CAP T3 Amial - UA 2 | 24-03-2010 12:03:32 | 24-03-2010 13:19:50 | 4579 | 68,33 | 12244,502 | 1,637 | 62,481 | 1,002 | 14418,757 | 140,734 | 11,884 | 3,661 | 140,258 | 0,019 | 0,716 | 0,011 | 165,163 | 1,612 | 0,136 | 0,042 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T4 Amial - UA 1 | 22-03-2010 11:54:57 | 22-03-2010 13:26:34 | 5490 | 48,643 | 10979,995 | 1,609 | 48,280 | 1,013 | 14395,565 | 91,534 | 9,848 | 3,232 | 145,817 | 0,021 | 0,641 | 0,013 | 191,176 | 1,216 | 0,131 | 0,043 |
| CAP T4 Amial - UA 2 | 24-03-2010 15:23:55 | 24-03-2010 17:03:00 | 5943 | 45,039 | 11435,820 | 1,679 | 50,187 | 1,072 | 15182,081 | 95,127 | 10,285 | 3,433 | 151,870 | 0,022 | 0,666 | 0,014 | 201,621 | 1,263 | 0,137 | 0,046 |
| CAP T4 UA-Amial 1 | 30-03-2010 14:08:16 | 30-03-2010 15:52:48 | 6244 | 43,274 | 11842,508 | 1,797 | 50,374 | 1,107 | 15706,775 | 87,942 | 10,247 | 3,455 | 156,440 | 0,024 | 0,665 | 0,015 | 207,487 | 1,162 | 0,135 | 0,046 |
| CAP T4 UA-Amial 2 | 06-04-2010 10:47:17 | 06-04-2010 12:26:17 | 5935 | 45,035 | 11183,648 | 1,686 | 47,711 | 1,060 | 14929,864 | 84,440 | 9,672 | 3,262 | 147,736 | 0,022 | 0,630 | 0,014 | 197,224 | 1,115 | 0,128 | 0,043 |

Anexo XIII - Resumo de Emissões para Trajectos CAP (Fase 2)

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T1 Amial - UA 1 | 21-04-2010 16:00:00 | 21-04-2010 17:02:55 | 2905 | 95,21 | 11342,105 | 1,196 | 75,885 | 0,967 | 11946,168 | 240,686 | 12,641 | 4,240 | 148,263 | 0,016 | 0,992 | 0,013 | 156,159 | 3,146 | 0,165 | 0,055 |
| CAP T1 Amial - UA 2 | 26-04-2010 12:38:02 | 26-04-2010 13:24:09 | 2767 | 99,58 | 11278,028 | 1,177 | 74,759 | 0,936 | 11736,056 | 232,632 | 12,541 | 4,093 | 147,425 | 0,015 | 0,977 | 0,012 | 153,412 | 3,041 | 0,164 | 0,054 |
| CAP T1 UA - Amial 1 | 23-04-2010 10:58:21 | 23-04-2010 11:46:39 | 2893 | 95,56 | 11574,680 | 1,220 | 77,635 | 0,968 | 12101,624 | 242,310 | 12,921 | 4,275 | 150,126 | 0,016 | 1,007 | 0,013 | 156,960 | 3,143 | 0,168 | 0,055 |
| CAP T1 UA - Amial 2 | 27-04-2010 14:21:21 | 27-04-2010 15:08:51 | 2842 | 97,31 | 11874,588 | 1,162 | 83,657 | 1,034 | 12326,676 | 275,349 | 13,689 | 4,653 | 154,015 | 0,015 | 1,085 | 0,013 | 159,879 | 3,571 | 0,178 | 0,060 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T2 UA - Amial 1 | 21-04-2010 11:12:33 | 21-04-2010 12:04:35 | 3120 | 88,764 | 11597,813 | 1,226 | 76,724 | 1,007 | 12407,977 | 245,261 | 12,878 | 4,367 | 150,621 | 0,016 | 0,996 | 0,013 | 161,143 | 3,185 | 0,167 | 0,057 |
| CAP T2 UA - Amial 2 | 23-04-2010 14:34:16 | 23-04-2010 14:42:17 | 4065 | 67,900 | 12466,345 | 1,305 | 83,845 | 1,168 | 13924,381 | 272,574 | 13,901 | 4,941 | 161,901 | 0,017 | 1,089 | 0,015 | 180,836 | 3,540 | 0,181 | 0,064 |
| CAP T2 Amial - UA 1 | 26-04-2010 15:57:28 | 26-04-2010 16:44:17 | 2806 | 97,299 | 10970,597 | 1,144 | 75,010 | 0,975 | 11592,834 | 254,487 | 12,315 | 4,356 | 144,160 | 0,015 | 0,986 | 0,013 | 152,337 | 3,344 | 0,162 | 0,057 |
| CAP T2 Amial - UA 2 | 27-04-2010 12:29:41 | 27-04-2010 13:14:39 | 2698 | 101,231 | 10841,864 | 1,105 | 75,042 | 0,962 | 11376,799 | 256,350 | 12,308 | 4,335 | 142,469 | 0,015 | 0,986 | 0,013 | 149,498 | 3,369 | 0,162 | 0,057 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T3 Amial - UA 1 | 21-04-2010 12:04:36 | 21-04-2010 13:18:54 | 4440 | 70,55 | 12641,779 | 1,589 | 70,666 | 1,068 | 14560,863 | 182,364 | 12,819 | 4,108 | 144,808 | 0,018 | 0,809 | 0,012 | 166,791 | 2,089 | 0,147 | 0,047 |
| CAP T3 Amial - UA 2 | 23-04-2010 15:43:56 | 23-04-2010 17:14:18 | 5412 | 57,78 | 13345,193 | 1,674 | 74,606 | 1,215 | 16134,019 | 195,649 | 13,559 | 4,533 | 152,866 | 0,019 | 0,855 | 0,014 | 184,811 | 2,241 | 0,155 | 0,052 |
| CAP T3 UA - Amial 1 | 26-04-2010 14:26:50 | 26-04-2010 15:49:23 | 4942 | 63,07 | 13245,069 | 1,652 | 72,783 | 1,149 | 15594,119 | 187,425 | 13,355 | 4,335 | 151,893 | 0,019 | 0,835 | 0,013 | 178,832 | 2,149 | 0,153 | 0,050 |
| CAP T3 UA - Amial 2 | 27-04-2010 11:09:30 | 27-04-2010 12:29:40 | 4773 | 65,28 | 13126,992 | 1,597 | 76,361 | 1,174 | 15399,680 | 212,141 | 13,629 | 4,535 | 150,539 | 0,018 | 0,876 | 0,013 | 176,602 | 2,433 | 0,156 | 0,052 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T4 UA - Amial 1 | 21-04-2010 14:14:36 | 21-04-2010 15:58:46 | 6234 | 42,84 | 11388,463 | 1,697 | 49,326 | 1,108 | 15467,195 | 89,498 | 10,000 | 3,394 | 150,442 | 0,022 | 0,652 | 0,015 | 204,322 | 1,182 | 0,132 | 0,045 |
| CAP T4 UA - Amial 2 | 26-04-2010 10:47:46 | 26-04-2010 12:24:41 | 5801 | 46,18 | 11613,759 | 1,694 | 51,547 | 1,060 | 15133,183 | 95,547 | 10,389 | 3,406 | 153,418 | 0,022 | 0,681 | 0,014 | 199,910 | 1,262 | 0,137 | 0,045 |
| CAP T4 Amial - UA 1 | 23-04-2010 11:56:50 | 23-04-2010 13:34:29 | 5848 | 45,71 | 11343,704 | 1,657 | 50,429 | 1,060 | 14881,215 | 96,692 | 10,103 | 3,433 | 150,647 | 0,022 | 0,670 | 0,014 | 197,626 | 1,284 | 0,134 | 0,046 |
| CAP T4 Amial - UA 2 | 27-04-2010 15:17:18 | 27-04-2010 16:52:57 | 5738 | 46,57 | 11049,060 | 1,633 | 48,784 | 1,045 | 14671,651 | 92,851 | 9,836 | 3,310 | 146,734 | 0,022 | 0,648 | 0,014 | 194,843 | 1,233 | 0,131 | 0,044 |

Anexo XIV - Resumo de Emissões para Trajectos CAP (Fase 3)

| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| | | | | | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T1 UA - Amial 1 | 04-05-2010 10:29:48 | 04-05-2010 11:20:14 | 3025 | 91,42 | 11042,827 | 1,336 | 62,989 | 0,826 | 11724,449 | 158,937 | 11,280 | 3,369 | 144,351 | 0,017 | 0,823 | 0,011 | 153,261 | 2,078 | 0,147 | 0,044 |
| CAP T1 UA - Amial 2 | 05-05-2010 14:12:46 | 05-05-2010 15:03:42 | 3055 | 90,57 | 11209,816 | 1,330 | 66,750 | 0,860 | 11916,239 | 176,108 | 11,710 | 3,578 | 146,534 | 0,017 | 0,873 | 0,011 | 155,768 | 2,302 | 0,153 | 0,047 |
| CAP T1 Amial - UA 1 | 03-05-2010 15:32:08 | 03-05-2010 16:19:20 | 2826 | 97,29 | 10687,560 | 1,272 | 61,933 | 0,800 | 11230,044 | 161,281 | 11,008 | 3,305 | 138,619 | 0,016 | 0,803 | 0,010 | 145,656 | 2,092 | 0,143 | 0,043 |
| CAP T1 Amial - UA 2 | 29-04-2010 12:08:42 | 29-04-2010 12:56:48 | 2887 | 95,28 | 10801,545 | 1,307 | 62,272 | 0,808 | 11364,955 | 162,725 | 11,042 | 3,362 | 140,098 | 0,017 | 0,808 | 0,010 | 147,405 | 2,111 | 0,143 | 0,044 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T2 UA - Amial 1 | 04-05-2010 14:01:42 | 04-05-2010 14:54:00 | 3139 | 88,22 | 11248,155 | 1,395 | 62,419 | 0,845 | 11988,410 | 159,681 | 11,250 | 3,422 | 146,080 | 0,018 | 0,811 | 0,011 | 155,694 | 2,074 | 0,146 | 0,044 |
| CAP T2 UA - Amial 2 | 05-05-2010 10:48:05 | 05-05-2010 11:37:36 | 2971 | 93,30 | 11337,286 | 1,352 | 66,994 | 0,866 | 11891,086 | 182,667 | 11,690 | 3,640 | 147,237 | 0,018 | 0,870 | 0,011 | 154,430 | 2,372 | 0,152 | 0,047 |
| CAP T2 Amial - UA 1 | 29-04-2010 15:20:07 | 29-04-2010 16:18:53 | 3524 | 77,58 | 11048,525 | 1,257 | 67,283 | 0,961 | 12294,844 | 201,613 | 11,692 | 3,946 | 145,184 | 0,017 | 0,884 | 0,013 | 161,562 | 2,649 | 0,154 | 0,052 |
| CAP T2 Amial - UA 2 | 03-05-2010 11:57:05 | 03-05-2010 12:43:51 | 2807 | 97,34 | 10368,214 | 1,208 | 64,107 | 0,857 | 11044,904 | 195,581 | 10,932 | 3,665 | 136,245 | 0,016 | 0,842 | 0,011 | 145,137 | 2,570 | 0,144 | 0,048 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|---------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T3 UA - Amial 1 | 29-04-2010 13:59:04 | 29-04-2010 15:19:13 | 4809 | 65,01 | 12870,173 | 1,706 | 66,396 | 1,053 | 15084,741 | 151,116 | 12,537 | 3,879 | 147,594 | 0,020 | 0,761 | 0,012 | 172,990 | 1,733 | 0,144 | 0,044 |
| CAP T3 UA - Amial 2 | 03-05-2010 10:35:44 | 03-05-2010 11:56:20 | 4837 | 64,60 | 12658,703 | 1,698 | 63,749 | 1,041 | 14980,731 | 141,389 | 12,192 | 3,751 | 145,169 | 0,019 | 0,731 | 0,012 | 171,797 | 1,621 | 0,140 | 0,043 |
| CAP T3 Amial - UA 1 | 04-05-2010 14:54:52 | 04-05-2010 16:12:16 | 4645 | 67,57 | 12102,586 | 1,630 | 60,277 | 0,991 | 14323,280 | 131,885 | 11,563 | 3,564 | 138,632 | 0,019 | 0,690 | 0,011 | 164,070 | 1,511 | 0,132 | 0,041 |
| CAP T3 Amial - UA 2 | 05-05-2010 11:38:42 | 05-05-2010 12:55:40 | 4615 | 67,91 | 12549,954 | 1,651 | 64,901 | 1,028 | 14623,790 | 149,702 | 12,210 | 3,776 | 143,757 | 0,019 | 0,743 | 0,012 | 167,512 | 1,715 | 0,140 | 0,043 |

| | | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|---------|--------|
| ID | Data/Hora Partida | Data/Hora Chegada | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) |
| CAP T4 UA - Amial 1 | 29-04-2010 10:31:45 | 29-04-2010 12:07:40 | 5754 | 46,91 | 10957,030 | 1,669 | 45,678 | 1,021 | 14538,302 | 77,477 | 9,368 | 3,124 | 144,743 | 0,022 | 0,603 | 0,013 | 192,052 | 1,023 | 0,124 | 0,041 |
| CAP T4 UA - Amial 2 | 03-05-2010 13:52:24 | 03-05-2010 15:31:15 | 5931 | 45,26 | 11273,719 | 1,676 | 48,419 | 1,046 | 14871,383 | 85,387 | 9,794 | 3,297 | 148,926 | 0,022 | 0,640 | 0,014 | 196,452 | 1,128 | 0,129 | 0,044 |
| CAP T4 Amial - UA 1 | 04-05-2010 11:21:13 | 04-05-2010 12:51:45 | 5432 | 49,28 | 10516,533 | 1,573 | 45,143 | 0,976 | 13910,416 | 81,242 | 9,223 | 3,056 | 139,662 | 0,021 | 0,600 | 0,013 | 184,733 | 1,079 | 0,122 | 0,041 |
| CAP T4 Amial - UA 2 | 05-05-2010 15:04:36 | 05-05-2010 16:39:05 | 5668 | 47,23 | 10761,410 | 1,594 | 46,542 | 1,007 | 14276,796 | 84,650 | 9,470 | 3,186 | 142,914 | 0,021 | 0,618 | 0,013 | 189,599 | 1,124 | 0,126 | 0,042 |

Anexo XV - Dados Comparativos Factores Condutor e Viatura

| | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|--------|-------------------------|-------------|------------------|------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------|--------|---------|--------|--------------------------|-----------|------------|-----------|---------------------------|-----------|------------|-----------|
| | | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g/km) | CO (g/km) | NOx (g/km) | HC (g/km) | CO2 (g/km) | CO (g/km) | NOx (g/km) | HC (g/km) |
| Fase 1 | Média Aritmética CUA T1 | 382,37 | 59,34 | 995,11 | 0,14 | 4,82 | 0,08 | 1169,55 | 9,55 | 0,94 | 0,28 | 156,34 | 0,02 | 0,76 | 0,01 | 183,54 | 1,51 | 0,15 | 0,04 |
| | Média Aritmética CUA T2 | 464,92 | 46,66 | 899,25 | 0,14 | 3,71 | 0,08 | 1191,65 | 6,07 | 0,78 | 0,25 | 148,33 | 0,02 | 0,61 | 0,01 | 196,71 | 1,00 | 0,13 | 0,04 |
| | Média Aritmética CUA T3 | 522,80 | 27,60 | 801,62 | 0,12 | 3,34 | 0,08 | 1156,49 | 5,41 | 0,69 | 0,25 | 190,60 | 0,03 | 0,79 | 0,02 | 275,08 | 1,29 | 0,16 | 0,06 |
| Fase 2 | Média Aritmética CUA T1 | 394,25 | 57,88 | 1055,46 | 0,13 | 6,12 | 0,09 | 1241,19 | 15,91 | 1,09 | 0,35 | 165,85 | 0,02 | 0,97 | 0,01 | 194,91 | 2,53 | 0,17 | 0,06 |
| | Média Aritmética CUA T2 | 439,75 | 49,69 | 918,43 | 0,13 | 3,99 | 0,08 | 1176,52 | 7,00 | 0,82 | 0,26 | 151,31 | 0,02 | 0,66 | 0,01 | 193,98 | 1,15 | 0,14 | 0,04 |
| | Média Aritmética CUA T3 | 529,50 | 28,69 | 828,30 | 0,13 | 3,55 | 0,09 | 1201,30 | 6,31 | 0,74 | 0,27 | 197,10 | 0,03 | 0,85 | 0,02 | 285,96 | 1,50 | 0,18 | 0,06 |
| Fase 3 | Média Aritmética CUA T1 | 398,75 | 60,09 | 1004,92 | 0,14 | 4,75 | 0,08 | 1203,31 | 9,79 | 0,94 | 0,29 | 158,41 | 0,02 | 0,75 | 0,01 | 189,99 | 1,54 | 0,15 | 0,05 |
| | Média Aritmética CUA T2 | 391,75 | 52,63 | 825,97 | 0,12 | 3,56 | 0,07 | 1051,65 | 6,25 | 0,73 | 0,23 | 136,72 | 0,02 | 0,59 | 0,01 | 174,14 | 1,04 | 0,12 | 0,04 |
| | Média Aritmética CUA T3 | 435,25 | 32,54 | 742,18 | 0,11 | 3,21 | 0,07 | 1035,39 | 5,65 | 0,67 | 0,23 | 176,64 | 0,03 | 0,76 | 0,02 | 246,51 | 1,35 | 0,16 | 0,05 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Fase 2 vs. Fase 1 | CUA T1 | 3,11 | -2,46 | 6,06 | -6,14 | 27,17 | 18,66 | 6,13 | 66,55 | 16,78 | 26,17 | 6,08 | -6,30 | 27,25 | 18,94 | 6,19 | 67,28 | 16,90 | 26,59 |
| | CUA T2 | -5,41 | 6,49 | 2,13 | -1,64 | 7,61 | -2,56 | -1,27 | 15,40 | 5,27 | 2,65 | 2,01 | -1,73 | 7,35 | -2,65 | -1,39 | 15,06 | 5,07 | 2,43 |
| | CUA T3 | 1,28 | 3,95 | 3,33 | 1,22 | 6,34 | 3,96 | 3,88 | 16,66 | 6,90 | 4,65 | 3,41 | 1,32 | 6,42 | 4,04 | 3,95 | 16,68 | 6,96 | 4,71 |
| Fase 3 vs. Fase 1 | CUA T1 | 4,28 | 1,26 | 0,99 | 0,44 | -1,42 | 4,31 | 2,89 | 2,50 | 0,53 | 2,47 | 1,32 | 0,93 | -1,49 | 4,91 | 3,52 | 1,72 | 0,74 | 2,63 |
| | CUA T2 | -15,74 | 12,79 | -8,15 | -11,11 | -3,89 | -12,73 | -11,75 | 2,90 | -6,31 | -8,81 | -7,83 | -10,81 | -3,42 | -12,45 | -11,47 | 3,49 | -5,95 | -8,47 |
| | CUA T3 | -16,75 | 17,88 | -7,41 | -9,72 | -3,92 | -12,31 | -10,47 | 4,50 | -3,60 | -9,54 | -7,32 | -9,63 | -3,84 | -12,22 | -10,39 | 4,56 | -3,54 | -9,44 |

| | | | | Emissões Totais para Gasóleo | | | | Emissões Totais para Gasolina | | | | Emissões/km para Gasóleo | | | | Emissões/km para Gasolina | | | |
|--------|-------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|--------|------------|--------|-------------------------------|--------|------------|--------|--------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------|--------------|
| | | Duração (s) | Vel.Média (km/h) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g) | CO (g) | NOx (g) | HC (g) | CO2 (g/km) | CO (g/km) | NOx (g/km) | HC (g/km) | CO2 (g/km) | CO (g/km) | NOx (g/km) | HC (g/km) |
| Fase 1 | Média Aritmética CAP T1 | 2800,75 | 98,70 | 11532,34 | 1,22 | 75,80 | 0,93 | 11927,97 | 228,15 | 12,75 | 4,10 | 150,15 | 0,02 | 0,99 | 0,01 | 155,30 | 2,97 | 0,17 | 0,05 |
| | Média Aritmética CAP T2 | 2881,75 | 95,29 | 11257,27 | 1,23 | 72,37 | 0,93 | 11835,85 | 223,81 | 12,26 | 4,06 | 147,02 | 0,02 | 0,95 | 0,01 | 154,59 | 2,92 | 0,16 | 0,05 |
| | Média Aritmética CAP T3 | 4807,00 | 65,53 | 12693,90 | 1,68 | 65,35 | 1,05 | 14984,43 | 148,29 | 12,39 | 3,84 | 145,49 | 0,02 | 0,75 | 0,01 | 171,75 | 1,70 | 0,14 | 0,04 |
| | Média Aritmética CAP T4 | 5903,00 | 45,50 | 11360,49 | 1,69 | 49,14 | 1,06 | 15053,57 | 89,76 | 10,01 | 3,35 | 150,47 | 0,02 | 0,65 | 0,01 | 199,38 | 1,19 | 0,13 | 0,04 |
| Fase 2 | Média Aritmética CAP T1 | 2851,75 | 96,91 | 11517,35 | 1,19 | 77,98 | 0,98 | 12027,63 | 247,74 | 12,95 | 4,32 | 149,96 | 0,02 | 1,02 | 0,01 | 156,60 | 3,23 | 0,17 | 0,06 |
| | Média Aritmética CAP T2 | 3172,25 | 88,80 | 11469,15 | 1,20 | 77,66 | 1,03 | 12325,50 | 257,17 | 12,85 | 4,50 | 149,79 | 0,02 | 1,01 | 0,01 | 160,95 | 3,36 | 0,17 | 0,06 |
| | Média Aritmética CAP T3 | 4891,75 | 64,17 | 13089,76 | 1,63 | 73,60 | 1,15 | 15422,17 | 194,39 | 13,34 | 4,38 | 150,03 | 0,02 | 0,84 | 0,01 | 176,76 | 2,23 | 0,15 | 0,05 |
| | Média Aritmética CAP T4 | 5905,25 | 45,32 | 11348,75 | 1,67 | 50,02 | 1,07 | 15038,31 | 93,65 | 10,08 | 3,39 | 150,31 | 0,02 | 0,66 | 0,01 | 199,18 | 1,24 | 0,13 | 0,04 |
| Fase 3 | Média Aritmética CAP T1 | 2948,25 | 93,64 | 10935,44 | 1,31 | 63,49 | 0,82 | 11558,92 | 164,76 | 11,26 | 3,40 | 142,40 | 0,02 | 0,83 | 0,01 | 150,52 | 2,15 | 0,15 | 0,04 |
| | Média Aritmética CAP T2 | 3110,25 | 89,11 | 11000,55 | 1,30 | 65,20 | 0,88 | 11804,81 | 184,89 | 11,39 | 3,67 | 143,69 | 0,02 | 0,85 | 0,01 | 154,21 | 2,42 | 0,15 | 0,05 |
| | Média Aritmética CAP T3 | 4726,50 | 66,27 | 12545,35 | 1,67 | 63,83 | 1,03 | 14753,14 | 143,52 | 12,13 | 3,74 | 143,79 | 0,02 | 0,73 | 0,01 | 169,09 | 1,64 | 0,14 | 0,04 |
| | Média Aritmética CAP T4 | 5696,25 | 47,17 | 10877,17 | 1,63 | 46,45 | 1,01 | 14399,22 | 82,19 | 9,46 | 3,17 | 144,06 | 0,02 | 0,62 | 0,01 | 190,71 | 1,09 | 0,13 | 0,04 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Fase 2 vs. Fase 1 | CUA T1 | 1,82 | -1,81 | -0,13 | -2,46 | 2,88 | 4,61 | 0,84 | 8,59 | 1,56 | 5,37 | -0,13 | -2,44 | 2,87 | 4,60 | 0,84 | 8,57 | 1,55 | 5,36 |
| | CUA T2 | 10,08 | -6,81 | 1,88 | -3,20 | 7,31 | 10,60 | 4,14 | 14,90 | 4,80 | 10,88 | 1,88 | -3,20 | 7,31 | 10,57 | 4,12 | 14,90 | 4,80 | 10,86 |
| | CUA T3 | 1,76 | -2,07 | 3,12 | -3,36 | 12,63 | 9,95 | 2,92 | 31,09 | 7,64 | 14,02 | 3,12 | -3,36 | 12,63 | 9,95 | 2,92 | 31,09 | 7,64 | 14,02 |
| | CUA T4 | 0,04 | -0,38 | -0,10 | -1,34 | 1,80 | 0,49 | -0,10 | 4,33 | 0,69 | 1,21 | -0,10 | -1,34 | 1,80 | 0,49 | -0,10 | 4,32 | 0,68 | 1,21 |
| Fase 3 vs. Fase 1 | CUA T1 | 5,27 | -5,12 | -5,18 | 7,60 | -16,25 | -11,74 | -3,09 | -27,78 | -11,68 | -16,89 | -5,16 | 7,62 | -16,24 | -11,73 | -3,08 | -27,78 | -11,67 | -16,88 |
| | CUA T2 | 7,93 | -6,49 | -2,28 | 5,55 | -9,90 | -5,11 | -0,26 | -17,39 | -7,10 | -9,61 | -2,27 | 5,55 | -9,88 | -5,08 | -0,25 | -17,36 | -7,08 | -9,58 |
| | CUA T3 | -1,67 | 1,14 | -1,17 | -0,80 | -2,33 | -1,81 | -1,54 | -3,22 | -2,17 | -2,52 | -1,17 | -0,80 | -2,33 | -1,81 | -1,54 | -3,22 | -2,17 | -2,52 |
| | CUA T4 | -3,50 | 3,67 | -4,25 | -3,82 | -5,48 | -4,75 | -4,35 | -8,44 | -5,49 | -5,37 | -4,26 | -3,82 | -5,48 | -28,97 | -4,35 | -8,44 | -5,49 | -5,37 |

Anexo XVI - Dados para Classificação Relativa de Percursos CUA

1. Tempo de Percorso

| | | | |
|-----------------|--------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 429,11 | 0,48 | 2 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 341,63 | 1,00 | 5 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 459,33 | 0,30 | 2 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 404,94 | 0,62 | 3 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 510,25 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 481,45 | 0,17 | 1 estrela |

2. Distância Total

| | | | |
|-----------------|------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 6,90 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 5,80 | 0,39 | 2 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 6,40 | 0,18 | 1 estrela |
| CUA T2 Tab - UA | 5,70 | 0,43 | 2 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 4,30 | 0,93 | 4 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 4,10 | 1,00 | 5 estrelas |

3. Emissões CO2

| | | | |
|-----------------|---------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 1212,19 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 973,82 | 0,80 | 4 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 1086,89 | 0,42 | 2 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 934,26 | 0,93 | 4 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 1006,97 | 0,69 | 3 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 914,79 | 1,00 | 5 estrelas |

4. Variabilidade do Tempo

| | | | |
|-----------------|-------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 10,20 | 1,00 | 5 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 24,24 | 0,48 | 2 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 31,01 | 0,23 | 1 estrela |
| CUA T2 Tab - UA | 14,28 | 0,85 | 4 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 37,06 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 25,14 | 0,44 | 2 estrelas |

5. Variabilidade de Vel.Média

| | | | |
|-----------------|------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 1,26 | 0,94 | 4 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 2,01 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 1,74 | 0,33 | 2 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 1,83 | 0,23 | 1 estrela |
| CUA T3 UA - Tab | 1,82 | 0,24 | 1 estrela |
| CUA T3 Tab - UA | 1,21 | 1,00 | 5 estrelas |

6. Variabilidade Emissões CO2

| | | | |
|-----------------|--------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 65,58 | 0,88 | 4 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 58,43 | 1,00 | 5 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 101,94 | 0,26 | 2 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 80,83 | 0,62 | 3 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 117,39 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 112,17 | 0,09 | 1 estrela |

| 7. Conservação | | | |
|-------------------|-------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 7,63 | 0,92 | 4 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 7,99 | 1,00 | 5 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 5,94 | 0,56 | 3 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 5,85 | 0,54 | 3 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 3,33 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 3,33 | 0,00 | 0 estrelas |
| 8. Singularidades | | | |
| CUA T1 UA - Tab | 22,00 | 0,33 | 2 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 15,00 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 36,00 | 1,00 | 5 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 28,00 | 0,62 | 3 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 25,00 | 0,48 | 2 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 30,00 | 0,71 | 3 estrelas |

| 9. Custo | | | |
|-----------------|------|------|-------------------|
| CUA T1 UA - Tab | 0,66 | 0,00 | 0 estrelas |
| CUA T1 Tab - UA | 0,54 | 0,76 | 4 estrelas |
| CUA T2 UA - Tab | 0,59 | 0,44 | 2 estrelas |
| CUA T2 Tab - UA | 0,51 | 0,96 | 4 estrelas |
| CUA T3 UA - Tab | 0,55 | 0,69 | 3 estrelas |
| CUA T3 Tab - UA | 0,50 | 1,00 | 5 estrelas |

Anexo XVII - Dados para Classificação Relativa de Percursos CAP

1. Tempo de Percurso

| | | | |
|-------------------|---------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 2865,83 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 2868,00 | 1,00 | 4 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 3196,67 | 0,89 | 4 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 2912,83 | 0,98 | 4 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 4948,33 | 0,30 | 2 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 4668,50 | 0,40 | 2 estrelas |
| CAP T4 UA - Amial | 5858,83 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 5810,83 | 0,02 | 1 estrela |

2. Distância Total

| | | | |
|-------------------|-------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 76,50 | 0,90 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 77,10 | 0,85 | 4 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 77,00 | 0,86 | 4 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 76,10 | 0,93 | 4 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 87,20 | 0,01 | 1 estrela |
| CAP T3 Amial - UA | 87,30 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T4 UA - Amial | 75,30 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 75,70 | 0,97 | 4 estrelas |

3. Emissões CO2

| | | | |
|-------------------|----------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 11508,39 | 0,88 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 11658,16 | 0,83 | 4 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 12075,17 | 0,69 | 3 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 11155,87 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 14118,48 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 13711,10 | 0,14 | 1 estrela |
| CAP T4 UA - Amial | 13103,04 | 0,34 | 2 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 12922,80 | 0,40 | 2 estrelas |

4. Variabilidade do Tempo

| | | | |
|-------------------|--------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 86,92 | 0,97 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 77,41 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 386,52 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 273,31 | 0,37 | 2 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 157,47 | 0,74 | 3 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 322,83 | 0,21 | 1 estrela |
| CAP T4 UA - Amial | 187,44 | 0,64 | 3 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 177,31 | 0,68 | 3 estrelas |

5. Variabilidade de Vel.Média

| | | | |
|-------------------|------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 2,83 | 0,81 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 2,65 | 0,84 | 4 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 8,95 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 7,69 | 0,17 | 1 estrela |
| CAP T3 UA - Amial | 1,69 | 0,96 | 4 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 4,20 | 0,63 | 3 estrelas |
| CAP T4 UA - Amial | 1,42 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 1,46 | 0,99 | 4 estrelas |

6. Variabilidade Emissões CO2

| | | | |
|-------------------|--------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 248,09 | 0,89 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 241,16 | 0,92 | 4 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 517,43 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 282,42 | 0,78 | 4 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 215,87 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 491,28 | 0,09 | 1 estrela |
| CAP T4 UA - Amial | 318,99 | 0,66 | 3 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 354,54 | 0,54 | 3 estrelas |

7. Conservação

| | | | |
|-------------------|------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 7,30 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 7,29 | 1,00 | 4 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 7,22 | 0,98 | 4 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 7,20 | 0,97 | 4 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 5,47 | 0,50 | 2 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 5,57 | 0,52 | 3 estrelas |
| CAP T4 UA - Amial | 3,66 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T4 Amial - UA | 3,67 | 0,00 | 1 estrela |

8. Singularidades

| | | | |
|-------------------|--------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 62,00 | 1,00 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 61,00 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 77,00 | 0,95 | 4 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 82,00 | 0,93 | 4 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 241,00 | 0,42 | 2 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 238,00 | 0,43 | 2 estrelas |
| CAP T4 UA - Amial | 367,00 | 0,01 | 1 estrela |
| CAP T4 Amial - UA | 369,00 | 0,00 | 0 estrelas |

| 9. Custo | | | |
|-------------------|------|------|-------------------|
| CAP T1 UA - Amial | 6,28 | 0,85 | 4 estrelas |
| CAP T1 Amial - UA | 6,04 | 1,00 | 5 estrelas |
| CAP T2 UA - Amial | 7,18 | 0,27 | 2 estrelas |
| CAP T2 Amial - UA | 6,90 | 0,45 | 2 estrelas |
| CAP T3 UA - Amial | 7,61 | 0,00 | 0 estrelas |
| CAP T3 Amial - UA | 7,33 | 0,18 | 1 estrela |
| CAP T4 UA - Amial | 7,28 | 0,21 | 1 estrela |
| CAP T4 Amial - UA | 6,92 | 0,44 | 2 estrelas |